



ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI SpA




**COGESI** S.C.R.L.  
consorzio gestori servizi idrici



Comune	CERRETTO LANGHE (CN)
--------	----------------------

Oggetto	REALIZZAZIONE SERBATOIO DI ACCUMULO A SERVIZIO DELLA RETE ADDUTTRICE ACQUEDOTTO LANGHE CAPACITA' 4.000 mc
---------	---

Elaborato	<b>D07.1 – RELAZIONE GEOTECNICA</b>
-----------	-------------------------------------

Committente del progetto	 <b>ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI SpA</b>
--------------------------	---

Progettista	dott. ing. Enrico Piovano - ufficio tecnico ALAC in collaborazione con Provincia di Cuneo
-------------	--

Responsabile Unico del Procedimento	geom. Mario Giraudo – ufficio tecnico ALAC
-------------------------------------	--

Commessa	Livello di progetto	Approvazione	Data approvazione	N° elaborato	Rev.	Data	Scala
2020_01	<b>DEFINITIVO</b>	CdA	31/03/2021	<b>D07.1</b>	<b>00</b>	03/2021	---

Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
<b>00</b>	Prima emissione	03/2021			
<b>01</b>					
<b>02</b>					
--	Studio di fattibilità	08/2020			

Questo elaborato è di proprietà di ACQUEDOTTO LANGHE e ALPI CUNEESI SpA  
L'elaborato non può essere modificato, copiato, duplicato, riprodotto o divulgato, anche parzialmente, senza autorizzazione scritta del proprietario.

**ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI SpA**  
Corso Nizza 9, 12100 CUNEO – tel. 0171 697550 – e-mail [acquedotto.langhe@legalmail.it](mailto:acquedotto.langhe@legalmail.it) – Capitale Sociale € 5.000.000  
n. iscrizione registro imprese di Cuneo e Codice Fiscale e Partita IVA 00451260046 – n. REA CN - 179339

**CO.GE.S.I. SCRL**  
Corso Nizza 90, 12100 CUNEO – tel. 0171 326771 – e-mail [cogesi@cogesi.it](mailto:cogesi@cogesi.it) – Capitale Sociale € 3.000.000  
n. iscrizione registro imprese di Cuneo e Codice Fiscale e Partita IVA 03434470047 – n. REA CN - 290478

## Indice

<b>1. INQUADRAMENTO GENERALE</b> .....	3
1.1 Premessa .....	3
1.2 Descrizione generale dell'opera e scelte tipologiche .....	3
1.3 Geologia del sito .....	5
1.4 Parametri geotecnici di riferimento .....	5
1.5 Normativa di riferimento .....	7
1.6 Origine e caratteristiche del software di calcolo .....	8
<b>2. VERIFICHE FONDAZIONI DIRETTE</b> .....	9
2.1 Capacità portante .....	9
2.2 Scorrimento .....	11
2.3 Cedimenti .....	11
<b>3. TABULATI DI CALCOLO</b> .....	15
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	21

## 1. INQUADRAMENTO GENERALE

### 1.1 Premessa

Oggetto della presente relazione preliminare è la verifica della compatibilità dei lavori di “Realizzazione serbatoio di accumulo a servizio della rete adduttrice acquedotto langhe” con la geologia del sito.

Nel seguito si riportano le considerazioni svolte in merito al tema in oggetto.

### 1.2 Descrizione generale dell’opera e scelte tipologiche

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo serbatoio di compenso in località Pedaggera in comune di Cerretto Langhe (CN) a servizio dell’Acquedotto delle Langhe al fine migliorare il servizio idropotabile verso i Roeri senza modificare il sistema distributivo attuale della rete.

Il serbatoio avrà una capacità utile pari a 4.000 mc.



Figura 1 - Foto aerea dell'area di intervento

Il complesso di accumulo sarà costituito da 2 serbatoi di forma cilindrica con diametro di circa 25 metri ciascuno con copertura geodetica, altezza di circa 4,50 metri, aventi ognuno capacità 2.000 m<sup>3</sup>.



Figura 2 - Tipologia serbatoio

Il sistema costruttivo dei moduli di accumulo è costituito da lastre di acciaio vetrificato di alta qualità unite con bulloni, travi e pannelli opportunamente sigillati e copertura con struttura geodetica.

Tra i due manufatti circolari sarà realizzata una cabina di manovra realizzata con struttura portante in profilati metallici tipo HEB140 e copertura a falda unica.

La fondazione di tipo superficiale sarà costituita da una platea in calcestruzzo armato gettato in opera delle dimensioni complessive di 63 m x 33 m (spessore 60 cm). La fondazione mediante giunti strutturali sarà suddivisa in n. 3 parti tra loro indipendenti (n. 2 volumi di accumulo e la cabina di manovra). La cabina di manovra opportunamente sagomata per raccordarsi alla struttura cilindrica dei serbatoi avrà dimensione in pianta pari a 7,50 m x 11 m e altezza media pari a 2,80 m.

Trasversalmente al complesso costruttivo sarà realizzato un canale in calcestruzzo armato gettato in opera utilizzato sia per ospitare le tubazioni collegamento e gli organi di manovra e sia per lo smaltimento delle acque di scarico dei serbatoi (scarico di fondo e scarico di "troppo pieno").



Figura 3 - Schema prospetto opera lavori ultimati

### 1.3 Geologia del sito

La presente relazione si basa sugli studi preliminari del sito riportati nella “*Relazione geologica*” a firma del dott. Geol. Giuseppe Galliano.

Sulla base delle risultanze delle indagini in situ è stato possibile ricostruire in modo adeguato la successione litostratigrafica dei terreni rappresentativa dell’ambito indagato.

Sotto l’aspetto applicativo i terreni possono essere raggruppati in tre unità litologiche principali:

- la prima è rappresentata da limi sabbiosi, con potenza variabile (da 0.00 a 1.00 - 2.00 m), si tratta di materiali da privi di consistenza a poco consistenti, classificabili come ML (USCS), di riporto;
- la comprende un livello submetrico di sabbie poco cementate e livelli marnosi alterati e disarticolati molto consistenti, classificabili come ML (USCS);
- la terza è definita dai materiali litoidi che comprendono le bancate di sabbie debolmente cementate con livelli arenacei con intercalazioni di strati medi di marne grigie litoidi.

Non è stata rilevata la presenza della falda idrica e in considerazione dell’assetto geomorfologico dell’area (settore cacuminale) si esclude la presenza della stessa.

Le rocce del substrato vanno classificate, in ragione dei loro bassi valori di compressione uniassiale (C0) che presentano, come rocce tenere (very weak - Coates, 1964; very low strength - Bieniawski, 1976; very low - ISRM, 1979).

L’ammasso roccioso può essere definito come struttura composta da una matrice rocciosa intatta separata da zone di discontinuità, cioè da zone di minore resistenza, aventi due dimensioni nettamente prevalenti sulla terza.

Il substrato roccioso terziario è costituito unicamente dalle facies marnose e sabbioso arenacee della Formazione di Cassinasco.

Per maggiori dettagli sulla geologia del sito, si rimanda alla “*Relazione geologica*” allegata al progetto definitivo, a firma del dott. Geol. Giuseppe Galliano.

### 1.4 Parametri geotecnici di riferimento

Sotto l’aspetto applicativo i terreni presenti nell’area in esame possono essere associati a tre unità litologiche.

La prima unità comprende i materiali di riporto e le coltri detritiche e colluviali definite da materiali eterogenei a pezzatura estremamente variabile in cui prevale una matrice limosa sabbiosa contenente al suo interno clasti eterometrici marnoso arenacei.

Complessivamente si tratta di un materiale da moderatamente consistente a consistente. I terreni di questa unità litologica non sono interessati dalle opere di fondazione.

La seconda unità è da riferirsi alla porzione alterata e in parte destrutturata del substrato che è stato rilevato nel sondaggio eseguito.

In relazione ai caratteri dell'unità contraddistinta da marna debolmente siltosa – argillosa intensamente alterata e discretamente ossidata vengono assimilate a terre coesive da molto consistente a estremamente consistenti.

I parametri geotecnici di riferimento sono sintetizzati nelle tabelle che seguono.

*unità litologica I limi sabbiosi (da 0.00 a 1.00 - 2.00 m)*

Cu	0 [kPa]
$\phi'$	30 [°]
$\phi_{cv}$	26 [°]
$\gamma$	17 [kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma_{sat}$	19 [kN/m <sup>3</sup> ]

*unità litologica II sabbie debolmente cementate e marne alterate (da 1.00 - 2.00 a 2.00 - 3.00 m)*

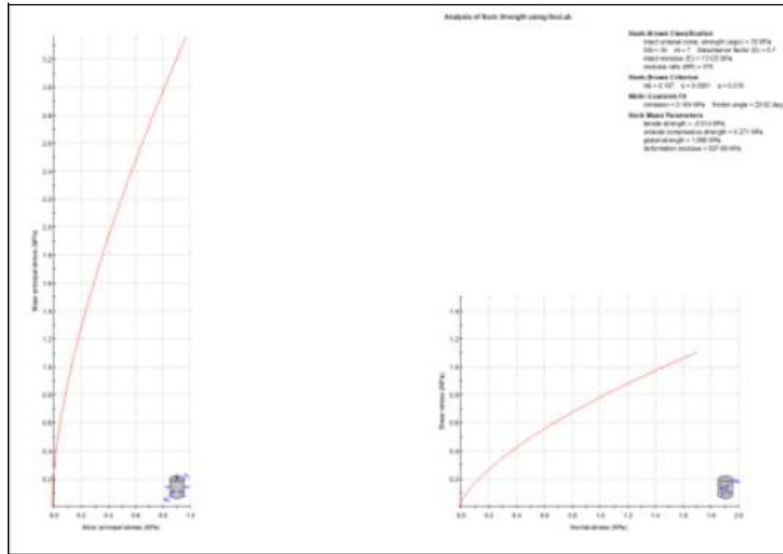
Cu	50 [kPa]
$\phi'$	28 [°]
$\phi_r$	24 [°]
$\gamma$	20 [kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma_{sat}$	22 [kN/m <sup>3</sup> ]

La terza unità comprende le facies sabbioso arenacee e marnose litoidi del substrato di colore giallastro e grigio.

In relazione ai caratteri della formazione contraddistinta da sabbie debolmente cementate con livelli arenacei e subordinate alternanze di livelli marne, l'ammasso roccioso è stato assimilato ad un mezzo "continuo-equivalente", considerando quindi lo stesso nella sua globalità, senza distinzione tra matrice e discontinuità ed usando il metodo degli indici di qualità.

I parametri di resistenza al taglio derivano dall'utilizzo del metodo di involuppo a rottura non lineare stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (Hoek et al., 2002) adottando i parametri di seguito sintetizzati:

- a.) indice di qualità dell'ammasso roccioso GSI (Geological Strength Index) = 35;
- b.) coefficiente tipico della roccia intatta  $m_i = 7$ ;
- c.) valore della resistenza a compressione uniassiale della matrice rocciosa  $\sigma_{gc} = 35 \text{ MPa}$ ;
- e.) peso di volume del materiale roccia è posto uguale a  $22 \text{ kN/m}^3$ .



unità litologica III (oltre 2.00 - 3.00 m)

C	26 [kPa]
$\phi'$	31 [°]
$\phi_r$	29 [°]
$\gamma$	22 [kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma_{sat}$	24 [kN/m <sup>3</sup> ]

## 1.5 Normativa di riferimento

L'analisi della struttura e le verifiche geotecniche sono condotte in accordo alle vigenti disposizioni legislative ed in particolare alle seguenti norme:

Decreto Ministeriale del 17/01/2018, "Norme tecniche per le costruzioni" (di seguito NTC18) e relative "Istruzioni per l'applicazione" ovvero Circolare ministeriale n°7 CSLLPP del 21/1/2019 (di seguito CNTC18).

Inoltre si sono tenute presenti le seguenti referenze tecniche:

Eurocodice 7: "Progettazione geotecnica Parte 1: Regole Generali". Norma UNI EN 1997-1:2013 (di seguito EC7-1).

Eurocodice 8: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici" Novembre 2004. Norma UNI EN 1998-5:2005 (di seguito EC8-5).

## 1.6 Origine e caratteristiche del software di calcolo

Per l'analisi delle sollecitazioni e per le verifiche geotecniche si è utilizzato il software Jasp® versione 7.0.26 (32 bit) , realizzato dall'ing. Silvestro Giordano, registrato presso la SIAE il 25/09/2012 col n° 008544, distribuito da Ingegnerianet srl (CF 06536761213) attraverso il sito internet [www.ingegnerianet.it](http://www.ingegnerianet.it).



## 2. VERIFICHE FONDAZIONI DIRETTE

### 2.1 Capacità portante

La verifica per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è effettuata secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3) con i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

$$\gamma_{G1} = 1,3; \quad \gamma_{G2} = 1,5; \quad \gamma_{Qi} = 1,5; \quad \gamma_R = 2,3; \quad \gamma_M = 1,0;$$

La verifica della capacità portante viene eseguita come indicato nell'appendice D dell'EC7-1 secondo il procedimento di seguito riportato.

#### Simboli utilizzati

$q$  = pressione litostatica totale di progetto agente sul piano di posa della fondazione;

$q'$  = pressione litostatica efficace di progetto agente sul piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza efficace di progetto della fondazione;

$L'$  = lunghezza efficace di progetto della fondazione;

$A' = B' \cdot L'$  = area della fondazione efficace di progetto (per le travi:  $A' = B' \cdot 1\text{m}$ );

$B'/L' \leq 1$  (per le travi:  $B'/L' = 0$ );

$D$  = profondità del piano di posa;

$\gamma'$  = peso di volume efficace di progetto del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;

$V$  = carico verticale;

$H$  = carico orizzontale;

$\theta$  = angolo che  $H$  forma con la direzione  $L'$ ;

$R$  = Resistenza totale fondazione;

$c_u$  = Resistenza a taglio non drenata;

$c'$  = Coesione intercetta in termini di tensioni efficaci;

$\varphi'$  = Angolo di resistenza a taglio in termini di tensioni efficaci;

$\varphi'_{cv}$  = angolo di resistenza a taglio allo stato critico;

#### Condizioni drenate

Il carico limite di progetto è calcolato con la formula:

$$R/A' = \sigma_c \cdot N_c \cdot d_c \cdot s_c \cdot i_c + \sigma_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot s_q \cdot i_q + \sigma_\gamma \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

con:

$$\sigma_c = c'$$

$$\sigma_q = q'$$

$$\sigma_\gamma = 0,5 \gamma' B'$$

e con i valori di progetto dei fattori adimensionali per

- la resistenza portante:

$$N_q = \pi \tan \varphi' \tan^2(45^\circ + \varphi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \varphi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \operatorname{tg} \varphi'$$

- la forma della fondazione:

$$s_q = 1 + (B'/L') \operatorname{sen} \varphi'$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L')$$

- la profondità della fondazione (Hansen 1970, Vesic 1973)

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \varphi' (1 - \operatorname{sen} \varphi')^2 \operatorname{atg}(D/B')$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi')$$

$$d_\gamma = 1$$

- l'inclinazione del carico, dovuta ad un carico orizzontale H che forma un angolo  $\theta$  con la direzione di L',

$$i_q = [1 - H / (V + A' c' \operatorname{cot} \varphi')]^m;$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \operatorname{tan} \varphi');$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \operatorname{cot} \varphi')]^{m+1};$$

dove:

$$m = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta$$

$$m_B = [2 + (B'/L')] / [1 + (B'/L')]$$

$$m_L = [2 \cdot B'/L' + 1] / [1 + (B'/L')]$$

Nel caso di suoli con più strati, la resistenza portante è calcolata utilizzando i parametri dello strato meno resistente. La ricerca dello strato meno resistente è fatto tenendo presente che il meccanismo di collasso drenato interessa una zona con profondità  $z = B \sin \psi \exp(\psi \operatorname{tg} \varphi')$  con  $\psi = 45^\circ + \varphi'/2$ .

## Verifica sismica SLV

Gli effetti sismici sono tenuti in conto come indicato nei §7.11.5.3 NTC18 e §C7.11.5.3.1 CNTC08.

In particolare è possibile portare in conto l'effetto inerziale nel calcolo delle forze orizzontali  $H$  trasmesse dalla fondazione al terreno ed impiegando le formule comunemente adottate per calcolare i coefficienti correttivi del carico limite in funzione dell'inclinazione, rispetto alla verticale, del carico agente sul piano di posa. In tal caso si utilizza un coefficiente  $\gamma_R$  più basso, pari a 1,8, come indicato nelle NTC18. In alternativa si può non tenere conto dell'effetto inerziale delle forze orizzontali ed usare  $\gamma_R = 2,3$ .

L'effetto cinematico, che modifica il solo coefficiente  $N_\gamma$ , è tenuto in conto con l'introduzione di una forza orizzontale aggiuntiva  $H_k = k_{vk} \cdot V$ , con  $k_{vk}$  calcolato come indicato nel §7.11.3.5.2 NTC18

## 2.2 Scorrimento

La verifica per scorrimento sul piano di posa è effettuata secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3) con i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

$$\gamma_{G1} = 1,0; \quad \gamma_{G2} = 1,0; \quad \gamma_{Qi} = 1,0; \quad \gamma_R = 1,1; \quad \gamma_M = 1,0$$

Il calcolo della resistenza allo scorrimento è fatto come indicato nel §6.5.3 EC7-1:2005.

La verifica a scorrimento in condizione drenate è fatta con la relazione:

$$H \leq R_d$$

Dove,

in condizioni drenate:  $R_d = V \cdot \text{tg } \varphi' \cdot c_v / \gamma_R$

in condizioni non drenate:  $R_d = A \cdot c_u / \gamma_R$

con  $A$  = area della fondazione.

## 2.3 Cedimenti

La verifica dei cedimenti è fatta con la disuguaglianza:

$$w \leq 50\text{mm}$$

come indicato al §H(4) EC7-1:2005

Il calcolo dei cedimenti è effettuato con:

- il metodo edometrico per i terreni a grana fine (limi ed argille)
- il metodo Burland e Burbidge per i terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie)

### Metodo edometrico

Per terreni a grana fine i cedimenti sono calcolati utilizzando il metodo edometrico, proposto da Terzaghi (1943) .

Il terreno al di sotto delle fondazioni viene diviso in n strati e per ogni strato si calcola il cedimento con la formula

$$\Delta H_i = H_i [ RR \cdot \text{Log}(k_R) + CR \cdot \text{Log}(k_C) ]$$

con:

$$k_R = \min\{\sigma'_P ; \sigma'_f\} / \sigma'_{V0}$$

$$k_C = \max\{\sigma'_f / \sigma'_P ; 1\}$$

$\sigma'_{V0}$  è la tensione geostatica efficace

$\Delta\sigma_V$  è l'incremento di tensione prodotto dal carico netto, calcolato trascurando la rigidità della fondazione e modellando il suolo con un semispazio elastico.

$$\sigma'_f = \Delta\sigma_V + \sigma'_{V0}$$

$$\sigma'_P = \text{tensione di preconsolidazione} = OCR \cdot \sigma'_{V0}$$

dove:

OCR è il rapporto di preconsolidazione.

$H_i$  = spessore dello strato

RR = rapporto di ricomprensione

CR = rapporto di compressione

Per terreni normalconsolidati  $CR = 2,3 \cdot \sigma'_{V0} / E_{ed}$

Per terreni sovraconsolidati  $RR = 2,3 \cdot \sigma'_{V0} / E_{ed}$

dove  $E_{ed}$  è il modulo edometrico.

Il cedimento totale è calcolato sommando il cedimento di tutti gli strati in cui  $\Delta\sigma'_Z > 0,10 \sigma'_{V0}$

$$w = \sum \Delta H_i$$

Per argille tenere il metodo fornisce il cedimento di consolidazione ed il cedimento immediato è pari al 10% del cedimento di consolidazione

Per fondazioni su argille consistenti il metodo fornisce il cedimento totale.

### Metodo di Burland e Burbidge

Il calcolo dei cedimenti per i terreni a grana grossa è effettuato con il metodo di Burland e Burbidge (1985) .

Il cedimento totale è calcolato con la formula :

$$w = f_s \cdot f_h \cdot f_t \cdot Z_l \cdot I_c \cdot (\sigma_A/3 + \sigma_B)$$

dove:

$$\sigma_A = \min\{\sigma'_P; q'\}$$

$$\sigma_B = \max\{q' - \sigma_A; 0\}$$

$\sigma'_P$  = tensione di preconsolidazione al piano di posa della fondazione =  $OCR \cdot \sigma'_{V0}$

$ZI = B \cdot 0,7$  = profondità di influenza

$B$  è la larghezza minima della fondazione espressa in metri

$L$  è la lunghezza della fondazione ( $L > B$ )

$q'$  è il carico unitario efficace della fondazione espresso in kPa

$I_c = 1,7/N_c^{1,4}$  = indice di compressibilità

$N_c$  è la media aritmetica dei valori  $N_{cs}$  per la profondità  $H$

con:

$H$  = spessore dello strato comprimibile, se  $H < ZI$

$H = ZI$ , se NSPT è costante o cresce con la profondità

$H = 2B$ , se NSPT decresce con la profondità

e, per ogni strato:

$N_{cs} = 15 + (NSPT - 15)/2$  per sabbie fini o limose sotto falda con  $NSPT > 15$

$N_{cs} = NSPT$  negli altri casi.

inoltre:

$$f_h = kHZ / (2 - kHZ)$$

$$kHZ = \min\{1, H/ZI\}$$

$$f_s = [1,25 / (1 + 0,25 \cdot B/L)]^2$$

$f_t = (1,3 + 0,2 \cdot \log(t/3))$  con  $t$  la vita nominale della struttura in anni.

### Cedimenti Differenziali

La verifica dei cedimenti differenziali è fatta con la disuguaglianza:

$$\Delta w / L \leq 1/500$$

come indicato al §H(2) EC7-1:2005

dove:

$L$  è la distanza tra i due punti di calcolo dei cedimenti considerati

$\Delta w = |w_1 - w_2|$  = differenza tra i cedimenti considerati

In caso di trave di fondazione il calcolo è effettuato tra i cedimenti calcolati nelle sezioni iniziale, centrale e finale della trave.

Nel caso di plinti il calcolo viene effettuato tra ogni coppia di plinti.

Nel caso di platea il cedimento differenziale è calcolato tra il punto centrale e lo spigolo della platea considerando la platea di rigidità nulla e posta su un semispazio elastico. In questo caso:  $\Delta w = w/2$ .

### 3. TABULATI DI CALCOLO

#### Archivi

##### Stratigrafie

N	Descrizione	falda [m]	Strati
1	Tipo A		20 3 strati: Htot =19

##### Strati stratigrafia Tipo A (3 strati: Htot =19)

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$\phi'/c_v$ [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	cu [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma_p$ [kPa]	Eed [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	limi sabbiosi	limo	fine	sabbiosa	1.5	17	30	26	20	0.4	0	0	0.3	0	1		5			8	0
2	sabbie debolmente ce..	sabbia	fine	argillosa	1.5	20	28	24	5		0	0	50	0.3	40	1		5			8
3	arenacee e marnose l..	argilla	fine	sabbiosa		16	22	31	29	10	0.4	0	26	0.3	40	1		5			8

##### Opzioni verifica terreni

N	Descrizione	Portanza Drenata	Portanza Non Dren.	Scorr. Drenato	Scorr. Non Dren.	Liquef.	cedimenti Edometrici	ced. Burl. Burbidge	H compr. Bur-Bur [m]	ced. Max [m]	d/ $\Delta w$	k Amplif. Sisma
1	Opz.A	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto

##### Suoli di posa fondazioni

N	Descrizione	kw Trasv./kw	kw Ass./kw	Stratigrafia	Opzioni Verifiche Terreno	Prof. di posa [m]	H sbanc. later. [m]	H riporto Later. [m]	$\gamma$ riporto Later.[kN/m <sup>3</sup> ]
1	Posa A	0.5	0.1	1) Tipo A	1) Opz.A	5.7	5.7	0.7	17

#### Verifiche fondazioni dirette

##### Rettangoli di fondazione

Fondazione	Descrizione	Suolo Posa	Dimensione				P.centro		
Piano			B [m]	L [m]	Area calc. [m <sup>2</sup> ]	Rotaz [°]	x [m]	y [m]	z [m]
0	Platea 1-1	1) Posa A	33	29.2	963.6	90	14.6	16.5	-0.3

##### Inviluppo forze su rettangoli di fondazione

Piano	Rettangolo Fond.	Fam. Cmb.	Min						Max					
			Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
0	Platea 1-1	1) Fondamentale	0	0	-48.0M	48.8M	142	0	0	0	-48.0M	48.8M	142	0
0	Platea 1-1	4) Quasi Perm.	0	0	-33.9M	32.5M	98.0	0	0	0	-33.9M	32.5M	98.0	0
0	Platea 1-1	8) Sismica SLV	-2.44M	-2.44M	-33.9M	32.5M	98.0	0	2.44M	2.44M	-33.9M	32.5M	98.0	0

Suffissi: f=10<sup>-15</sup>; p=10<sup>-12</sup>; n=10<sup>-9</sup>;  $\mu$ =10<sup>-6</sup>; m=10<sup>-3</sup>; k=10<sup>3</sup>; M=10<sup>6</sup>; G=10<sup>9</sup>; T=10<sup>12</sup>; P=10<sup>15</sup> (Sistema Internazionale di misura)

##### Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo fondazione	Fam	Cmb	q [Pa]	qN [Pa]	$\sigma'v_0$ [Pa]	WTot [mm]	k.Wink. [N/cm <sup>3</sup> ]
0	Platea 1-1	4	1	35167	-79733	114900	-11.55	-3.044

##### Parametri strati calcolo portanza

Piano	Rett.Fond	Drenato	fi [°]	Strato Inferiore				fi [°]	Strato Superiore				
				$\gamma'$ [N/m <sup>3</sup> ]	c' [Pa]	cu [Pa]	potenza [m]		$\gamma'$ [N/m <sup>3</sup> ]	c' [Pa]	cu [Pa]	potenza [m]	
0	Platea 1-1	Si	31	22000	0	26000	13.3	0	17000	0	0	0	0.7
0	Platea 1-1	No	31	22000	0	26000	13.3	0	17000	0	0	0	0.7

Piano 0 Platea 1-1 Reazione terreno

Fam	Cmb	Punto di applicazione			Forza						Reagente		Press. [Pa]
		x [m]	y [m]	z [m]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	x [m]	y [m]	
1	1	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
1	2	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
1	3	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
1	4	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
1	5	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
1	6	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
1	7	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
1	8	0.000	-1.017	0.000	0	0	-48.0M	0	0	0	33.00	27.17	53.5k
4	1	0.000	-0.960	0.000	0	0	-33.9M	0	0	0	33.00	27.28	37.6k
8	1	-0.001	-0.957	0.000	2.44M	731k	-33.9M	-1.79n	0	-0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	2	-0.001	-0.957	0.000	2.44M	731k	-33.9M	-1.79n	0	-0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	3	-0.001	-0.957	0.000	2.44M	731k	-33.9M	-1.79n	0	-0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	4	-0.001	-0.957	0.000	2.44M	731k	-33.9M	-1.79n	0	-0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	5	0.001	-0.957	0.000	2.44M	-731k	-33.9M	-0.15n	0	-11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	6	0.001	-0.957	0.000	2.44M	-731k	-33.9M	-0.15n	0	-11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	7	0.001	-0.957	0.000	2.44M	-731k	-33.9M	-0.15n	0	-11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	8	0.001	-0.957	0.000	2.44M	-731k	-33.9M	-0.15n	0	-11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	9	0.001	-0.957	0.000	-2.44M	731k	-33.9M	-0.15n	0	11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	10	0.001	-0.957	0.000	-2.44M	731k	-33.9M	-0.15n	0	11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	11	0.001	-0.957	0.000	-2.44M	731k	-33.9M	-0.15n	0	11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	12	0.001	-0.957	0.000	-2.44M	731k	-33.9M	-0.15n	0	11.1p	33.00	27.29	37.6k
8	13	-0.001	-0.957	0.000	-2.44M	-731k	-33.9M	-1.79n	0	0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	14	-0.001	-0.957	0.000	-2.44M	-731k	-33.9M	-1.79n	0	0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	15	-0.001	-0.957	0.000	-2.44M	-731k	-33.9M	-1.79n	0	0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	16	-0.001	-0.957	0.000	-2.44M	-731k	-33.9M	-1.79n	0	0.13n	33.00	27.29	37.6k
8	17	-0.001	-0.960	0.000	731k	2.44M	-33.9M	-0.49n	0	-10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	18	-0.001	-0.960	0.000	731k	2.44M	-33.9M	-0.49n	0	-10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	19	-0.001	-0.960	0.000	731k	2.44M	-33.9M	-0.49n	0	-10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	20	-0.001	-0.960	0.000	731k	2.44M	-33.9M	-0.49n	0	-10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	21	0.001	-0.960	0.000	731k	-2.44M	-33.9M	-0.26n	0	-5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	22	0.001	-0.960	0.000	731k	-2.44M	-33.9M	-0.26n	0	-5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	23	0.001	-0.960	0.000	731k	-2.44M	-33.9M	-0.26n	0	-5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	24	0.001	-0.960	0.000	731k	-2.44M	-33.9M	-0.26n	0	-5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	25	0.001	-0.960	0.000	-731k	2.44M	-33.9M	-0.26n	0	5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	26	0.001	-0.960	0.000	-731k	2.44M	-33.9M	-0.26n	0	5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	27	0.001	-0.960	0.000	-731k	2.44M	-33.9M	-0.26n	0	5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	28	0.001	-0.960	0.000	-731k	2.44M	-33.9M	-0.26n	0	5.91p	33.00	27.28	37.6k
8	29	-0.001	-0.960	0.000	-731k	-2.44M	-33.9M	-0.49n	0	10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	30	-0.001	-0.960	0.000	-731k	-2.44M	-33.9M	-0.49n	0	10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	31	-0.001	-0.960	0.000	-731k	-2.44M	-33.9M	-0.49n	0	10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	32	-0.001	-0.960	0.000	-731k	-2.44M	-33.9M	-0.49n	0	10.5p	33.00	27.28	37.6k
8	33	-0.000	-0.960	0.000	731k	731k	-33.9M	23.6p	1.82p	0.57p	33.00	27.28	37.6k
8	34	-0.000	-0.960	0.000	731k	731k	-33.9M	23.6p	1.82p	0.57p	33.00	27.28	37.6k
8	35	-0.000	-0.960	0.000	731k	731k	-33.9M	23.6p	1.82p	0.57p	33.00	27.28	37.6k
8	36	-0.000	-0.960	0.000	731k	731k	-33.9M	23.6p	1.82p	0.57p	33.00	27.28	37.6k
8	37	0.000	-0.960	0.000	731k	-731k	-33.9M	-1.39n	0	-30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	38	0.000	-0.960	0.000	731k	-731k	-33.9M	-1.39n	0	-30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	39	0.000	-0.960	0.000	731k	-731k	-33.9M	-1.39n	0	-30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	40	0.000	-0.960	0.000	731k	-731k	-33.9M	-1.39n	0	-30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	41	0.000	-0.960	0.000	-731k	731k	-33.9M	-1.39n	0	30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	42	0.000	-0.960	0.000	-731k	731k	-33.9M	-1.39n	0	30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	43	0.000	-0.960	0.000	-731k	731k	-33.9M	-1.39n	0	30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	44	0.000	-0.960	0.000	-731k	731k	-33.9M	-1.39n	0	30.0p	33.00	27.28	37.6k
8	45	-0.000	-0.960	0.000	-731k	-731k	-33.9M	23.6p	1.82p	-0.57p	33.00	27.28	37.6k
8	46	-0.000	-0.960	0.000	-731k	-731k	-33.9M	23.6p	1.82p	-0.57p	33.00	27.28	37.6k
8	47	-0.000	-0.960	0.000	-731k	-731k	-33.9M	23.6p	1.82p	-0.57p	33.00	27.28	37.6k
8	48	-0.000	-0.960	0.000	-731k	-731k	-33.9M	23.6p	1.82p	-0.57p	33.00	27.28	37.6k

Suffissi: f=10<sup>-15</sup>; p=10<sup>-12</sup>; n=10<sup>-9</sup>; μ=10<sup>-6</sup>; m=10<sup>-3</sup>; k=10<sup>3</sup>; M=10<sup>6</sup>; G=10<sup>9</sup>; T=10<sup>12</sup>; P=10<sup>15</sup> (Sistema Internazionale di misura)



## Piano 0 Platea 1-1 Reazione terreno per verifica portanza

Fam	Cmb	B'[m]	L'[m]	B'/L'	V [N]	HB' [N]	HL' [N]	Hk [N]
1	1	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
1	2	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
1	3	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
1	4	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
1	5	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
1	6	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
1	7	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
1	8	27.167	33.000	0.823	48.0M	0	0	0
8	1	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	2	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	3	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	4	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	5	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	6	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	7	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	8	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	9	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	10	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	11	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	12	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	13	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	14	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	15	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	16	27.285	32.997	0.827	33.9M	731k	2.44M	584k
8	17	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	18	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	19	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	20	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	21	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	22	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	23	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	24	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	25	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	26	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	27	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	28	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	29	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	30	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	31	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	32	27.281	32.997	0.827	33.9M	2.44M	731k	584k
8	33	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	34	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	35	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	36	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	37	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	38	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	39	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	40	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	41	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	42	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	43	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	44	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	45	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	46	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	47	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k
8	48	27.281	32.999	0.827	33.9M	731k	731k	584k

Suffissi: f=10<sup>-15</sup>; p=10<sup>-12</sup>; n=10<sup>-9</sup>; μ=10<sup>-6</sup>; m=10<sup>-3</sup>; k=10<sup>3</sup>; M=10<sup>6</sup>; G=10<sup>9</sup>; T=10<sup>12</sup>; P=10<sup>15</sup> (Sistema Internazionale di misura)



**Piano 0 Platea 1-1 Scorrimento**

Fam	Cmb	H [N]	Drenato		coefVerif		
			Rd [N]				
1	1	0	24.2M	0.000	-	-	-
1	2	0	24.2M	0.000	-	-	-
1	3	0	24.2M	0.000	-	-	-
1	4	0	24.2M	0.000	-	-	-
1	5	0	24.2M	0.000	-	-	-
1	6	0	24.2M	0.000	-	-	-
1	7	0	24.2M	0.000	-	-	-
1	8	0	24.2M	0.000	-	-	-
8	1	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	2	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	3	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	4	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	5	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	6	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	7	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	8	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	9	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	10	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	11	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	12	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	13	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	14	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	15	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	16	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	17	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	18	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	19	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	20	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	21	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	22	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	23	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	24	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	25	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	26	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	27	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	28	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	29	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	30	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	31	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	32	2.54M	17.1M	0.149	-	-	-
8	33	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	34	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	35	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	36	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	37	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	38	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	39	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	40	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	41	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	42	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	43	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	44	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	45	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	46	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	47	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-
8	48	1.03M	17.1M	0.061	-	-	-

Suffissi: f=10<sup>-15</sup>; p=10<sup>-12</sup>; n=10<sup>-9</sup>; μ=10<sup>-6</sup>; m=10<sup>-3</sup>; k=10<sup>3</sup>; M=10<sup>6</sup>; G=10<sup>9</sup>; T=10<sup>12</sup>; P=10<sup>15</sup> (Sistema Internazionale di misura)

**Piano 0 Platea 1-1 Calcolo cedimenti edometrico**

z sup [m]	spess. [m]	σ'vo [Pa]	σ'p [Pa]	Δσv [Pa]	Δσv/qN	σ'f [Pa]	CR	RR	Δwi [m]
5.7	4.4333	163667	163667	-77091	0.99783	86576	0.075371	0.0094214	-0.011552

## Riassunto verifiche

### Verifiche terreno di fondazione

Piano	Fondazione	Coefficienti SLU				Liquef.	Cedim.Max		Δw [mm]	Dist. [m]	Cedim.Diff.		Fondazione Confronto	Verif. Tot.
		Port. Dren.	Port. Non Dren.	Scorr. Dren.	Scorr. Non Dren.		w [mm]	Coef.			Coef			
0	Platea 1-1 Si	0.021		0.148		0.000	0.000	0.000	0.000	22.032	0.000	Platea 1-1		

### Coefficienti totali verifiche terreno di fondazione

SLU	Port. Dren.	Port. Non dren.	Port. Tot	Scorr. dren.	Scorr. non dren.	Scorr.	Liquef.	Tot	Ced. max	SLE Ced. diff.	Tot.	Totale Tot.
0.021			0.021	0.148		0.148	0.000	0.148	0.000	0.000	0.000	0.148

### Verifiche totali terreno di fondazione

SLU	Port. Dren.	Port. Non dren.	Port. Tot	Scorr. dren.	Scorr. non dren.	Scorr.	Liquef.	Tot	Ced. max	SLE Ced. diff.	Tot.	Totale Tot.
Si		-	Si	Si	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

## 4. CONCLUSIONI

Per quanto descritto nei paragrafi precedenti, considerata:

- la geologia del sito in esame riconosciuta durante le indagini ed i rilievi effettuati in campagna;
- la capacità portante della formazione geologica di base presente al di sotto del terreno di riporto superficiale;
- le risultanze dei calcoli relativi alla portata ammissibile;

le fondazioni saranno del tipo diretto a platea.

I risultati dei calcoli di verifica hanno evidenziato che la capacità portante rispetta i valori dei coefficienti di sicurezza ed i limiti sulle deformazioni a garanzia della funzionalità in fase di esercizio delle strutture in esame.

Pertanto le opere in progetto sono compatibili con le caratteristiche del terreno presente in sito e i valori di tensione trasmessi dal manufatto inferiori al limite di portata ammissibile.

Si prescrive in particolar modo che il piano di posa sia in ogni caso adeguatamente compatto e scevro di ogni detrito di scavo e materiale disciolto prima del getto in opera delle sottofondazioni.