



# Comune di Druogno

Provincia del Verbano - Cusio - Ossola

Regione Piemonte



INTERVENTI PER OTTIMIZZARE L'APPROVVIGIONAMENTO DELLA  
RISORSA IDROPOTABILE E LA FUNZIONALITÀ COMPLESSIVA DELLA RETE  
ACQUEDOTTISTICA A SERVIZIO DEL COMUNE DI DRUOGNO - STRALCIO 1

## PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE

### Comune di DRUOGNO

Piazza del Municipio n. 3  
28853 DRUOGNO (VB)

OGGETTO

### RELAZIONE GEOTECNICA

TIMBRI E FIRME



**STUDIO ROSSO  
INGEGNERI ASSOCIATI**

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO  
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI  
TEL. +39 011 43 77 242  
[studiorosso@legalmail.it](mailto:studiorosso@legalmail.it)  
[info@sria.it](mailto:info@sria.it)  
[www.sria.it](http://www.sria.it)

dott. ing. Santo LA FERLITA  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino  
Posizione n.10943X  
Cod. Fisc. LFR SNT 81R08 H163L

dott. ing. Luca MAGNI  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino  
Posizione n.10941V  
Cod. Fisc. MGN LCU 81T27 F335F

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE	
DATA	AGO/2020	
COD. LAVORO	430/SR	
TIPOL. LAVORO	D	
SETTORE	G	
N. ATTIVITA'	01	
TIPOL. ELAB.	RS	
TIPOL. DOC.	E	
ID ELABORATO	03	
VERSIONE	0	

REDATTO

ing. Santo LA FERLITA

CONTROLLATO

ing. Luca MAGNI

APPROVATO

ing. Santo LA FERLITA

ELABORATO

3



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI SINTESI .....</b>	<b>4</b>
3.1 CARATTERI MORFOMETRICI E MORFOLOGICI .....	4
3.2 GEOLOGIA DEL SUBSTRATO E DEI DEPOSITI SUPERFICIALI .....	4
<b>4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>7</b>
<b>5. DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE .....</b>	<b>9</b>
5.1 FORMULAZIONI UTILIZZATE .....	9
5.2 CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE .....	11
5.2.1 Condizione di carico con serbatoio pieno .....	12
5.2.1 Condizione di carico con serbatoio vuoto .....	14



## 1. PREMESSA

Il presente elaborato illustra lo studio geologico condotto a corredo del progetto definitivo complessivo, redatto nell'aprile 2020, degli *“Interventi necessari ad ottimizzare l'approvvigionamento della risorsa idropotabile e la funzionalità complessiva della rete acquedottistica a servizio del Comune di Druogno”* predisposto su incarico dell'Ente locale.

I contenuti sono ovviamente congruenti anche con le esigenze del presente primo stralcio di interventi, che saranno opportunamente evidenziati nella relazione.

Il territorio comunale di Druogno è interamente collocato in zona montuosa, entro una delle aree più piovose d'Italia e di conseguenza si presenta ricco d'acque superficiali e sorgive.

Tuttavia, molto spesso l'Ente locale necessita di azionare un pozzo idro-potabile, realizzato nel fondovalle del Val Vigizzo nei pressi del capoluogo, per sopperire all'apparente carenza idrica e far così fronte alle esigenze di fornitura della popolazione.

Questa osservazione, sebbene qualitativa, è del tutto in grado di dimostrare l'esigenza di provvedere quanto prima all'esecuzione di interventi volti ad ottimizzare l'approvvigionamento della risorsa idropotabile e la funzionalità complessiva della rete acquedottistica a servizio del comune vigezzino.

In particolare, dopo lunga e approfondita analisi tecnica, gli scriventi hanno identificato un complesso sistema di interventi la cui attuazione consentirà tra l'altro di assicurare all'acquedotto comunale fonti di alimentazione idropotabile ridondanti, che garantiranno il necessario approvvigionamento anche in caso di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria delle dorsali principali e/o di interruzioni del servizio cagionate da guasti.

Gli interventi complessivi sono stati organizzati suddividendoli in funzione delle principali dorsali di alimentazione dell'acquedotto di Druogno:

- A. Alimentazione dal versante meridionale della Val Vigizzo: Mour, La Cresta e Pozzo idropotabile;
- B. Alimentazione dal versante meridionale della Val Vigizzo: Antoliva;
- C. Alimentazione dal versante settentrionale della Val Vigizzo: Cresta Piatta;
- D. Alimentazione dal versante settentrionale della Val Vigizzo: Ca' Turbin.

Si precisa che il presente progetto riguarda soltanto lo stralcio di n.2 opere prioritarie da realizzare in località Mour, ossia il nuovo serbatoio di accumulo e compenso e la relativa condotta di adduzione al centro abitato.

Per maggiori dettagli sugli altri interventi previsti si rinvia al Progetto Definitivo complessivo datato aprile 2020.

Nel presente elaborato, a seguito di una breve introduzione sull'inquadramento geologico e geomorfologico, è riportata la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dagli interventi in progetto e le verifiche di capacità portante del terreno per la realizzazione del nuovo serbatoio del Mour.

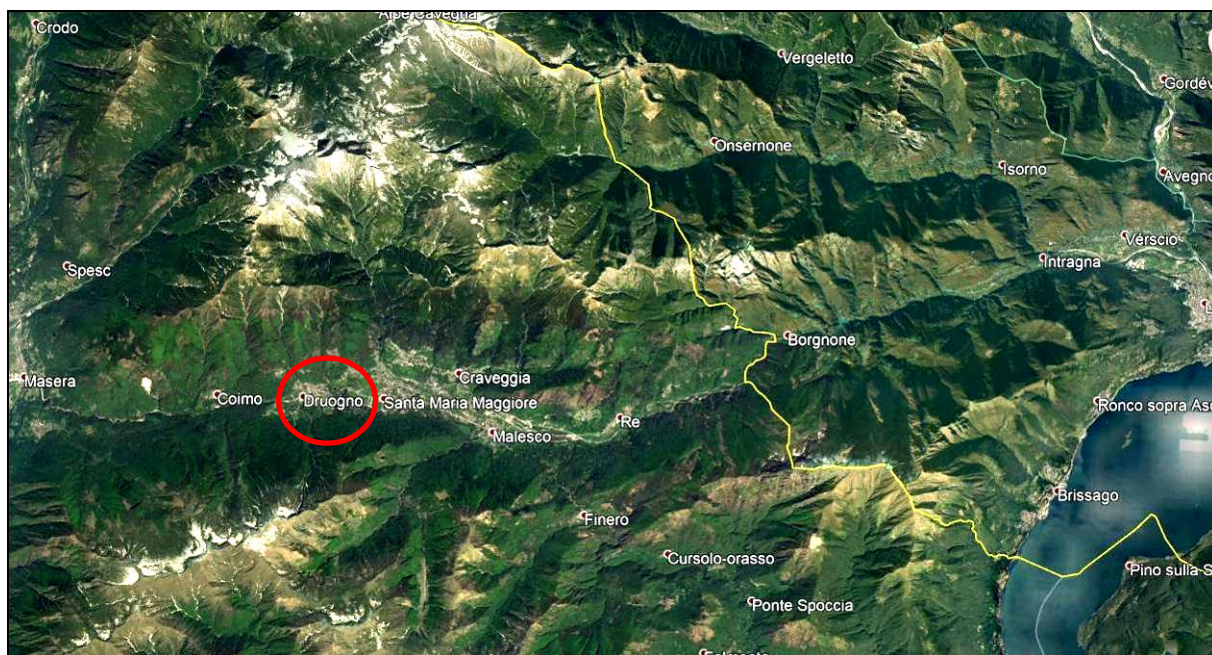


## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Druogno è un comune italiano di circa 1.000 abitanti appartenente alla Provincia del Verbano-Cusio-Ossola e posto in Val Vigezzo.

Questa si differenzia dalle altre valli ossolane per la sua particolare orografia, unica in Piemonte. Non si tratta infatti della classica valle dominata da una pendenza costante, decrescente spostandosi verso le zone di pianura, ma presenta uno spartiacque nel tratto intermedio, pianeggiante e posto intorno agli 800 m di quota, in corrispondenza del quale sorgono i comuni principali tra i quali proprio Druogno. Gli abitati minori, spesso frazioni dei comuni principali, sorgono invece sui due versanti, principalmente su quello volto a meridione.

Dall'altopiano centrale si originano i due corsi d'acqua principali che solcano il fondovalle in direzione opposta: il Melezzo Occidentale defluisce in una stretta gola confluendo nel Toce nei pressi di Masera, mentre il Melezzo Orientale scorre verso oriente, sfociando nel Maggia e quindi nel Lago Maggiore.



**Figura 1 – Inquadramento geografico del Comune di Druogno, collocato nel tratto intermedio della Val Vigezzo**

Gli interventi in progetto sono distribuiti nell'intero territorio comunale, come rappresentato nella Planimetria Generale di Progetto.

Quelli del primo stralcio, di cui al presente progetto, sono invece collocati sul versante meridionale della valle, in località Mour.



### 3. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI SINTESI

Si riporta nei seguenti paragrafi una sintesi della caratterizzazione geologica del territorio oggetto di intervento, rimandando per maggiori approfondimenti all'Elab. 02 – *Relazione geologica*.

#### 3.1 CARATTERI MORFOMETRICI E MORFOLOGICI

La Valle Vigizzo, di origine tettonica, è stata rimodellata più volte nel corso del tempo, dai vari processi naturali conseguenti alle variazioni delle condizioni climatiche e all'evoluzione geotettonica recente. I processi glaciali e fluvio-glaciali hanno profondamente modellato la valle, lasciando tracce tuttora visibili sia nelle forme (profilo a 'U' delle valli, terrazzi glaciali) sia nei tipi di deposito (morene, massi erratici, depositi glaciali e fluvio-glaciali).

Ai processi glaciali si sono alternati quelli fluviali, l'azione erosiva e deposizionale dei corsi d'acqua ha dato origine alle tipiche forme di deposito in corrispondenza del fondovalle, cioè conoidi di deiezione ed alluvionali.

Il territorio di Druogno, dal punto di vista morfologico può essere diviso in tre settori distinti: il fondovalle, da pianeggiante a mediamente acclive, una fascia intermedia, terrazzata e il settore montano, che occupa la maggior parte della superficie comunale.

Il fondovalle occupa meno di 5% del territorio comunale, ha forma allungata in direzione E-W, è racchiuso tra 800-850 m di quota ed è generalmente costituito da depositi coalescenti di conoidi ancora morfologicamente attivi allo sbocco dei vari torrenti: Cui, Sasso, Cadone, Albogno (versante settentrionale), oppure Ragno, Barchesio, Mour, Rodo (versante meridionale).

La fascia terrazzata, intermedia è rappresentata da terreni poco acclivi costituiti dai terrazzi morenici di Albogno e Sagrogn, situati intorno ai 1'000 m s.l.m., e depositi alluvionali terrazzati di Coimo (800-880 m s.l.m.).

Nel settore montano i versanti sono caratterizzati da incisioni più o meno profonde, le cui aste maggiori seguono le discontinuità tettoniche disposte generalmente N-S, secondarie rispetto alla 'Linea delle Centovalli'. In corrispondenza dei rilievi affiora il substrato roccioso, soprattutto lungo le incisioni torrentizie e alle quote più alte.

#### 3.2 GEOLOGIA DEL SUBSTRATO E DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

La notevole acclività dei versanti della vallata entro cui si inserisce il territorio comunale di Druogno e l'esposizione a sud non sembrano aver favorito lo sviluppo di masse glaciali locali; mancano evidenze apprezzabili del modellamento glaciale e non sono segnalati depositi ad esso associati. Diffusamente presente è invece la copertura detritica di varia natura, con le caratteristiche granulometriche e deposizionali tipiche dei meccanismi che l'ha generata ed eventualmente rielaborata.

All'interno delle aree interessate dagli interventi si distinguono:

- Depositi alluvionali recenti e attuali costituiti da materiale ghiaioso e ghiaioso sabbioso eterogeneo, con ciottoli ed elementi lapidei a diversa pezzatura. I corpi sedimentari, tabulari o lentiformi sono spesso interdigitati tra loro.





- Depositi alluvionali terrazzati analoghi ai precedenti dal punto di vista litologico e strutturale, ma situati in quote più elevate e pertanto non più inondabili anche in caso di piene eccezionali (terrazzi alluvionali di Coimo e di Albogno).
- Detriti di falda, riportati nella carta geologica come 'area in frana', sono depositi a frammenti rocciosi di pezzatura generalmente grossolana, generati dall'accumulo di materiali provenienti dall'erosione dei versanti nelle zone di intensa fatturazione. Si trovano prevalentemente nelle zone di testata dei bacini.
- Depositi di versante ed eluvio-colluviali costituiti da materiali di copertura nei quali prevale la matrice fine, in genere sabbiosa, inglobante frammenti rocciosi eterometrici. Tali depositi sono eluviati in superficie e derivano dall'alterazione, in posto, del substrato roccioso.
- Depositi glaciali e fluvio-glaciali che hanno in comune l'ambiente formazionale ma presentano caratteristiche strutturali e litologiche diverse. I depositi glaciali, morene di fondo o di ablazione, sono corpi più o meno potenti (spessori fino a una decina di metri) costituiti da materiali molto eterogenei, a tessitura caotica. Sono depositi generalmente stratificati, del tutto simili a quelli tipicamente alluvionali. Alcuni nuclei abitati (Albogno, Sagrogn) e alpeggi si trovano in corrispondenza di depositi glaciali terrazzati.





Alluvioni ciottolose con sabbia grossa e limi
Alternanze di alluvioni ciottolose-ghiaiose rugginose e di sabbie giallastre più o meno argillose talora con lenti di argilla, argille caoliniche da alterazione
Alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose e ciottolose, talora con grossi trovanti alterate in terreni argillosi (ferretto)
Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali
Alluvioni ghiaiose talora sabbiose e limose, antiche e terrazzate
Alluvioni prevalentemente sabbiose
Alluvioni sabbiose e limose con debole strato di alterazione
Alternanze di calcari, calcari marnosi, calcari arenacei, argille e marne
Andesiti, tufi andesitici e agglomerati tufacei
Anfiboliti, serpentiniti, prasiniti
Apliti e pegmatiti
Argille
Argille e marne argill. gessif. con lenti di gesso (non cartograf.) e subord. intercal. di calcari cariati, sabbie o arenarie (formaz. gessoso-solfifera); dolomie cariate e calcari cariati
Argille siltose con intercalazioni sabbiose; marne ed argille con sabbie
Calcari, calcari marnosi, calcari con selce a stratificazione media e/o sottile
Calcari massicci o stratificati in banchi
Calcescisti, micascisti, gneiss minuti, argilloscisti
Conglomerati poligenici, conglom. ed arenarie in grosse bancate intercalati a marne sabbiose, argille e calcari, congelato, porfirici
Depositi alluvionali prevalentemente limoso-argillosi con lenti sabbioso-ghiaiose; loess argillificato; ferretto
Depositi morenici a ciottoli alterati talora intensamente ferrettizzati
Depositi morenici generalmente non alterati
Depositi sartumosi o torbosi di fasi lacustri-palustri recenti
Detrito di falda, con detritici e conoidi di delezione
Dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomitici
Gessi
Gneiss occhiadini, gneiss granitoidi massicci e con giunti di fratturazione radi, porfirici
Gneiss occhiadini tabulari, con elevata densità di giunti di fratturazione, gneiss minuti
Graniti alterati con potenti coperture di sabbioni arciosi
Graniti massicci, bianchi, verdi, rosa, privi di copertura ed alterazione
Granuliti basiche e anfiboliti associate, dioriti melanocratiche diabasi e metagabbri
Kinzigiti e gneiss anfibolici e occhiadini associati
Lherzoliti e peridotiti
Marmi saccaroidi talvolta a silicati, marmi dolomitici calciferi
Marne calcareo-arenacee (pietra da cantoni) e calcari marnosi con limitate intercalazioni di calcari, marne siltose e arenarie
Marne sabbioso-siltose ed argillose, marne con intercalazioni arenacee, calcaree, calcareo-marnose e argillose
Micascisti, micascisti gneissici, micascisti quarziticci, micascisti filladici
Micascisti grafitosi e carboniosi con intercalazioni di strati e lenti grafitiche
Porfidi e porfidi alterati
Quarziti, arenarie quarzose, quarziti arenacee e conglomeratiche, quarziti micacee, quarzoscisti
Rioliti, agglomerati e tufi riolitici
Sabbie, anche grossolane con livelli ghiaiosi ed intercalaz. di arenarie e marne, banchi calcarenitici e calciruditici poco cementati
Scisti sericitici e quarzoso sericitici
Serie flijschoidi: argille, marne, arenarie, calcari, calcari marnosi
Sieniti, monzoniti, dioriti quarzifere e granodioriti

**Figura 2 – Carta litologica-giacimentologica (fonte: ARPA Piemonte)**



#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni ci si rifà a quanto indicato all'interno della Relazione geologica di Elab. 02, alla quale si rimanda.

I versanti interessati dagli interventi di maggior importanza (serbatoio del Mour), come descritto al capitolo precedente, saranno posizionati su terreni di buone caratteristiche geomeccaniche, costituiti da terreni morenici o detriti di falda, laddove non presente il substrato affiorante.

Le caratteristiche del modello geologico (D.M. 17-01-2018) a cui fare riferimento per la progettazione geotecnica delle opere di seguito descritta, riprende le caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti sulla base dei parametri descritti nello studio geologico tecnico effettuato per la stesura del PRG comunale, di seguito riportati:

TIPOLOGIA DEI DEPOSITI	PESO DI VOLUME NATURALE $\gamma(t/m^3)$	ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ( $\phi$ )	COESIONE ( $t/m^2$ )
Alluvionali	1.70-2.00	32° - 40°	0
Detriti di falda	1.90 - 2.20	37° - 45°	0
Detriti di versante ed eluvio colluviali	1.60 - 1.90	25° - 30°	0
Glaciali e fluvio-glaciali	1.70 - 2.20	35° - 40°	1.0 - 10.0
Brecce cementate	2.20 - 2.60	35° - 40°	5.0 - 20.0

LITOLOGIA	PESO DI VOLUME $\gamma(t/m^3)$	ANGOLO DI ATTRITO DISCONTINUITA' ( $\phi$ )	RESISTENZA COMPRESSIONE MONOASSIALE ( $Kg/cm^2$ )
Gneiss quarzoso-feldspatici	2.60-2.90	32° - 37°	1600 - 2500





I parametri geotecnici assunti cautelativamente per i terreni presenti in sito sono nel seguito riportati:

Terreno 1 – copertura superficiale (profondità 0,5 – 3 m):

- $\gamma_{\text{saturo}} = 21 \text{ kN/m}^3$ ;
- $\gamma_{\text{secco}} = 19 \text{ kN/m}^3$ ;
- $\phi = 38^\circ$ ;
- $c' = 0 \text{ kPa}$ .

Terreno 2 – substrato roccioso sottostante fratturato:

- $\gamma_{\text{saturo}} = 25 \text{ kN/m}^3$ ;
- $\phi = 35^\circ$ ;
- $c' = 2000 \text{ kg/cm}^2$ .

Maggiori dettagli saranno disponibili quando saranno eseguite le specifiche indagini geognostiche (sondaggio) per le quali sono state appostate delle specifiche somme nel quadro economico. Tali indagini dovranno essere propedeutiche alla stesura del progetto esecutivo.



## 5. DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE

Gli interventi in progetto prevedono la realizzazione di opere civili, quale il serbatoio in loc. Mour, e l'installazione di una condotta per la rete acquedottistica.

Al fine di verificare che il carico applicato in fondazione del serbatoio in località Mour sia compatibile con il carico limite del terreno di fondazione, sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti al capitolo precedente per il terreno di copertura superficiale.

### 5.1 FORMULAZIONI UTILIZZATE

Il carico limite del terreno di fondazione (capacità portante) nel caso di terreni coesivi, in condizioni non drenate, viene calcolato secondo la formulazione di Brinch Hansen:

$$q_{lim} = c_u N_c s_c^0 d_c^0 i_c^0 b_c^0 g_c^0 + q$$

Avendo indicato con:

- $c_u$  = coesione del terreno in condizioni non drenate;
- $N_c$  = fattori di capacità portante, che si ricavano da formulazioni proposte dalla manualistica;
- $q$  = carico di confinamento, assunto pari a 0;
- $s_c^0 = 1 + 0,2 * B/L$ ;
- $d_c^0 = 1 + 0,4 * (D/B)$ ;
- $i_c^0 = 1 - (m * H/B * L * c_u * N)$ ;
- $b_c^0 = 1$ ;
- $g_c^0 = 1$ ;
- $B$  = larghezza della fondazione;
- $e$  = eccentricità del carico;
- $D$  = profondità della fondazione.

Nel caso di terreni non coesivi, come quello in esame, l'equazione del carico limite assume la seguente forma:

$$q_{lim} = 0,5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

dove le espressioni che forniscono i valori dei fattori di capacità portante ( $N$ ) e dei fattori correttivi ( $s$ ,  $i$ ,  $b$ ,  $g$ ) sono riportati in Tabella 1, con l'indicazione degli autori, e dove si indica con:

- $B$  = larghezza della fondazione ridotta;
- $D$  = profondità della fondazione;
- $\phi$  = angolo di attrito del terreno.

In Figura 3 è riportata la rappresentazione dei parametri di calcolo.



Tabella 1 - Fattori di capacità portante

fattori di capacità portante	N <sub>c</sub>	$(N_q - 1) \cot \phi'$	Vesic (1970) Prandtl (1921) Reissner (1924)
	N <sub>γ</sub>	$2(N_q + 1) \tan \phi'$	
	N <sub>q</sub>	$\tan^2(45 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$	
fattori correttivi	<b>forma</b>		
	S <sub>c</sub>	$1 + (N_q / N_c) (B' / L')$	Vesic (1973-1975)
	S <sub>γ</sub>	$1 - 0.4 (B' / L')$	"
	S <sub>q</sub>	$1 + \tan(\phi) (B' / L')$	"
	<b>approfondimento</b>		
	d <sub>c</sub>	$d_q - [(1 - d_q) / (N_c \tan \phi')]$	De Beer e Ladanyi (1961)
	d <sub>q</sub>	$1 + [2 (D/B') \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2]$ per $D/B' < 1$ $1 + [2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^{-1}(D/B')]$ per $D/B' > 1$	Brinch-Hansen (1970) e Vesic (1973)
	<b>inclinazione carico</b>		
	i <sub>c</sub>	$i_q - [(1 - i_q) / (N_c \tan \phi')]$	Vesic (1970)
	i <sub>γ</sub>	$[1 - (0.7 H/N)]^5$	Brinch-Hansen (1970)
	i <sub>q</sub>	$[1 - (0.5 H/N)]^5$	"
	<b>inclinazione fondazione</b>		
	b <sub>q</sub>	$(1 - \alpha \tan \phi')^2$	Brinch-Hansen (1970)
	b <sub>γ</sub>	$(1 - \alpha \tan \phi')^2$	"
	b <sub>c</sub>	$b_q - [(1 - b_q) / (N_c \tan \phi')]$	"
	<b>inclinazione piano campagna</b>		
	g <sub>q</sub>	$(1 - \tan \omega)^2$	Brinch-Hansen (1970)
	g <sub>γ</sub>	$(1 - \tan \omega)^2$	"
	g <sub>c</sub>	$g_q - [(1 - g_q) / (N_c \tan \phi')]$	"

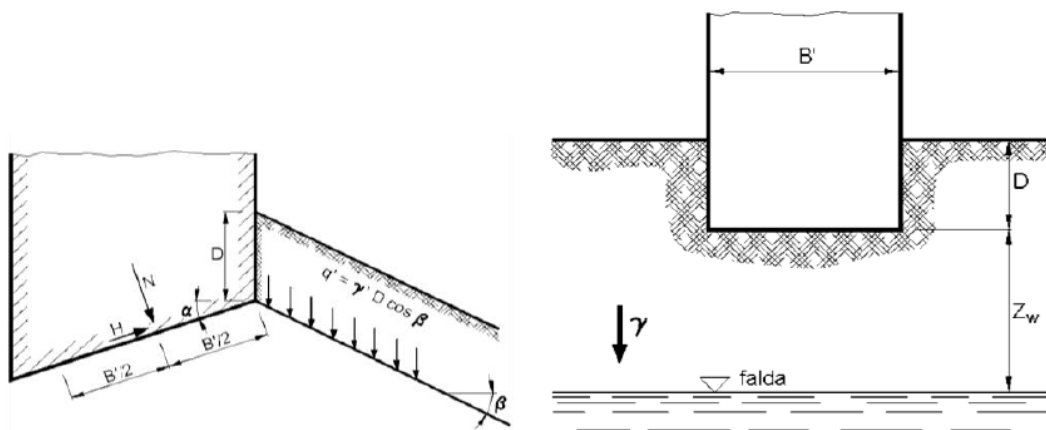


Figura 3 - Rappresentazione dei parametri di calcolo



## 5.2 CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, la verifica di capacità portante è condotta in riferimento allo Stato Limite Ultimo (SLU) di tipo geotecnico (GEO) determinato dal collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno.

La verifica allo SLU deve essere effettuata con riferimento a una delle seguenti combinazioni di coefficienti:

- Approccio 1:
  - Combinazione C1: A1+M1+R1;
  - Combinazione C2: A2+M2+R2.
- Approccio 2: A1+M1+R3

I coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici previsti da Normativa, sono riportati nella tabella a seguire.

**Tabella 2 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (fonte: NTC 2018)**

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

**Tabella 3 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (fonte: NTC 2018)**

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0



**Tabella 4 - Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali (fonte: NTC 2018)**

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

Nella verifica di capacità portante, la resistenza caratteristica  $R_k$  dell'insieme fondazione – terreno è funzione del valore di  $q_{lim}$  calcolato con la formula di Brinch – Hansen (1970) descritta in precedenza.

Il calcolo della capacità portante è stato condotto considerando due condizioni limite di carico del serbatoio:

- Serbatoio completamente pieno di acqua;
- Serbatoio vuoto.

Per ambedue le simulazioni è stata calcolata, in maniera cautelativa, la spinta a tergo della struttura per effetto dell'applicazione di:

- spinta attiva del versante;
- spinta della falda (ipotizzando cautelativamente un battente idrico di 2 m) nell'ipotesi che, pur essendo previsto un tubo microfessurato per il suo abbassamento, questo non sia in grado di annullarla in condizioni parossistiche.

Il rapporto tra il momento agente sulla fondazione per l'effetto delle spinte laterali e dello sforzo normale determina l'eccentricità del carico agente in fondazione.

### 5.2.1 Condizione di carico con serbatoio pieno

Nel caso in esame è stato assunto in maniera cautelativa, un carico verticale di 1'450 t (calcolato come somma del peso del c.a. della struttura del serbatoio e dell'acqua contenuta al suo interno al suo livello massimo).

La pressione agente sulla fondazione del serbatoio:

$$v_G^* (P) / A_{base\ eff} = 1,3 * 1'400'000 / (10 * (24 - 2 * 0.5)) = 0,79 \text{ kg/cm}^2.$$

I calcoli per la determinazione della  $q_{lim}$  sono riportati nelle tabelle a seguire.





Dati del terreno:			
angolo attrito interno	$\phi =$	38	°
coefficiente per parametri geotecnici - angolo attrito	$\gamma\phi$	1	
coesione	$c =$	0	kg/m <sup>2</sup>
COESIONE NON DRENATA	$c_u =$	0	kPa
	$c_u =$	0	kg/cm <sup>2</sup>
coefficiente per parametri geotecnici - coesione	$\gamma c$	1.4	
peso di volume terreno	$\gamma =$	1900	kg/m <sup>3</sup>
coefficiente per parametri geotecnici - peso volume	$\gamma\gamma$	1	
Dati della fondazione			
larghezza fondazione	$B_R =$	10	m
profondità fondazione	$D =$	0	m
lunghezza fondazione*	$L =$	24	m
spessore della fondazione	$h =$	0.5	m
Altezza della vasca	$h_v =$		m
componente normale	$N =$	1400000	kg
Coefficiente per le azioni permanenti	$\gamma G1$	1.3	
componente orizzontale	$H =$	290000	kg
inclinazione pendio	$\omega =$	25	°
inclinazione fondazione	$\alpha =$	0	°
eccentricità carico	$e =$	0.5	m

Fattori di capacità portante					
$N_\gamma = 78.02$	$s_\gamma = 1.16$		$i_\gamma = 0.53$	$b_\gamma = 1.00$	$g_\gamma = 0.285$
$N_c = 61.35$	$s_c = 1.32$	$d_c = 1.00$	$i_c = 0.66$	$b_c = 1.00$	$g_c = 0.270$
$N_q = 48.93$	$s_q = 1.16$	$d_q = 1.00$	$i_q = 0.67$	$b_q = 1.00$	$g_q = 0.285$
larghezza fondazione ridotta		$B = 9.00$			$m = 1.727$

$q_{lim}$ CONDIZIONI DRENATE (kg/cm <sup>2</sup> )		
falda assente <sup>(1)</sup>	falda piano fondazione <sup>(2)</sup>	falda piano campagna <sup>(3)</sup>
11.68	5.53	5.53

Azioni di progetto $E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza di progetto $R_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.79	2.41

Pertanto la verifica risulta soddisfatta, ai sensi delle NTC 2018.



### 5.2.1 Condizione di carico con serbatoio vuoto

Nel caso in esame è stato assunto in maniera cautelativa, un carico verticale di 1'450 t (calcolato come somma del peso del c.a. della struttura del serbatoio e dell'acqua contenuta al suo interno al suo livello massimo).

La pressione agente sulla fondazione del serbatoio:

$$\gamma_G \cdot (P) / A_{base\ eff} = 1,3 \cdot 850'000 / (10 \cdot (24 - 2 \cdot 0,9)) = 0,49 \text{ kg/cm}^2.$$

I calcoli per la determinazione della  $q_{lim}$  sono riportati nelle tabelle a seguire.

Dati del terreno:			
angolo attrito interno	$\phi =$	38	°
coefficiente per parametri geotecnici - angolo attrito	$\gamma\phi$	1	
coesione	$c =$	0	kg/m <sup>2</sup>
COESIONE NON DRENATA	$c_u =$	0	kPa
	$c_u =$	0	kg/cm <sup>2</sup>
coefficiente per parametri geotecnici - coesione	$\gamma c$	1.4	
peso di volume terreno	$\gamma =$	1900	kg/m <sup>3</sup>
coefficiente per parametri geotecnici - peso volume	$\gamma\gamma$	1	
Dati della fondazione			
larghezza fondazione	$B_R =$	10	m
profondità fondazione	$D =$	0	m
lunghezza fondazione*	$L =$	24	m
spessore della fondazione	$h =$	0.5	m
Altezza della vasca	$h_v =$		m
componente normale	$N =$	850000	kg
Coefficiente per le azioni permanenti	$\gamma G1$	1.3	
componente orizzontale	$H =$	290000	kg
inclinazione pendio	$\omega =$	25	°
inclinazione fondazione	$\alpha =$	0	°
eccentricità carico	$e =$	0.8	m

Fattori di capacità portante					
$N\gamma = 78.02$	$s\gamma = 1.15$		$i\gamma = 0.32$	$b\gamma = 1.00$	$g\gamma = 0.285$
$Nc = 61.35$	$sc = 1.29$	$dc = 1.00$	$ic = 0.47$	$bc = 1.00$	$gc = 0.270$
$Nq = 48.93$	$sq = 1.15$	$dq = 1.00$	$iq = 0.48$	$bq = 1.00$	$gq = 0.285$
larghezza fondazione ridotta		$B = 8.40$			$m = 1.741$

$q_{lim}$ CONDIZIONI DRENATE (kg/cm <sup>2</sup> )		
<i>falda assente</i> <sup>(1)</sup>	<i>falda piano fondazione</i> <sup>(2)</sup>	<i>falda piano campagna</i> <sup>(3)</sup>
6.48	3.07	3.07



Azioni di progetto $E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza di progetto $R_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.49	<b>1.33</b>

Pertanto la verifica risulta soddisfatta, ai sensi delle NTC 2018.