

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI BOLLENGO
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



**LAVORI DI NUOVA COSTRUZIONE PONTE IN VIA G. CERESA
ROSSETTO SUL RIO MORTO**

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO:

Dr Ing. Claudio FERRO
Corso Vittorio Emanuele II n. 100 - 10121 TORINO
Cell. 349/4011069 Email: claudiof2004@libero.it

OGGETTO:

**RELAZIONE GEOLOGICA
(RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOTECNICA)**

ELABORATO:

E-N

DATA:
Gennaio 2022

AGG.

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI BOLLENGO

RELAZIONE GEOLOGICA

La relazione geologica è stata redatta sotto forma di relazione di modellazione geotecnica dal dr
Geol. Davide Bolognini con studio in Pont Saint Martin via Caduti del Lavoro n.11/A.

Regione Piemonte
Città Metropolitana di Torino
Comune di
BOLLENGO

Progetto

**NUOVA COSTRUZIONE PONTE IN VIA G.
CERESA ROSSETTO SUL RIO MORTO**

Committente:

Ing. Marco Ferro

Allegato

Relazione di modellazione geotecnica

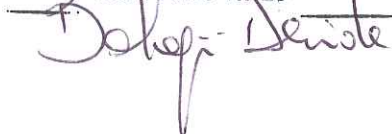
D.M. 17 gennaio 2018

data

settembre 2020

ORDINE DEI GEOLOGI
Regione Autonoma Valle d'Aosta
ORDRE DES GEOLOGUES
Région Autonome Vallée d'Aoste

Dr. BOLOGNINI DAVIDE
Iscr. Albo n. 25



1. Sommario	
1. Sommario	2
2. Premessa.....	3
<i>Normativa di riferimento</i>	<i>3</i>
3. Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica (D.M. 17/01/2018, cap. 6.2.2)	4
4. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo	5
<i>Scelta dei parametri geotecnici</i>	<i>5</i>
Classificazione dei terreni	5
<i>Classificazione Unified Soil Classification System (USCS)</i>	<i>5</i>
<i>Classificazione CNR-UNI 10006.....</i>	<i>5</i>
Classificazione Unified Soil Classification System (USCS)	7
Classificazione C.N.R. - U.N.I. 10006 / 1963.....	8
Densità relativa.....	9
Angolo di attrito	10
<i>Classificazione del manuale NAVFAC (1971).....</i>	<i>10</i>
<i>Classificazione di Schmertmann (1978)</i>	<i>11</i>
Coesione	11
Stima preliminare dei parametri geotecnici	12
Analisi statistica dei parametri geotecnici	12
<i>Angolo di attrito ϕ ($^{\circ}$)</i>	<i>12</i>
<i>Coesione c (kg/m^2).....</i>	<i>12</i>
Analisi statistica Sabbia ghiaiosa	13
Stima definitiva dei parametri geotecnici.....	14
<i>Angolo di attrito ϕ ($^{\circ}$)</i>	<i>14</i>

2. Premessa

Nell'ambito del progetto di *“NUOVA COSTRUZIONE PONTE IN VIA G. CERESA ROSSETTO SUL RIO MORTO”*, su incarico del Dr. Ing. Marco Ferro di Torino è stata redatta la presente relazione di modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale delle opere di fondazione.

Il sopralluogo appositamente effettuato ha lo scopo di rilevare le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito di indagine al fine di accertare la compatibilità dell'intervento in progetto in funzione dell'assetto geologico ed idrogeologico del sito sul quale sarà ubicato con lo scopo di garantirne la sicurezza, la funzionalità e la stabilità.

La presente *“Relazione di modellazione geotecnica”* illustra le scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, mentre si rimanda alla relazione di calcolo strutturale per il dimensionamento geotecnico delle opere e la descrizione delle fasi e modalità costruttive.

Le scelte progettuali tengono conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito, delle condizioni ambientali e dei risultati delle indagini.

Le analisi di progetto sono basate sulle indicazioni fornite dal modello geologico desunto dalle numerose relazioni tematiche redatte in passato per la progettazione edilizia e la pianificazione territoriale.

Normativa di riferimento

- **D.M. 11 marzo 1988** *“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 ed il collaudo delle opere di sostegno sulle terre e delle opere di fondazione”*
- **D.M. 14 gennaio 2008** *“Norme tecniche per le costruzioni”*
- **Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 02 febbraio 2009 n° 617** *“Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni””*.
- **D.M. 17 gennaio 2018** *“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”*

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”*, Cap. 6 *“Progettazione geotecnica”*, cap. 6.2.1 *“Caratterizzazione e modellizzazione geologica del sito”* e cap.

6.2.2 “Indagini, caratterizzazione e modellizzazione geotecnica” e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo al rilascio della concessione ad edificare. In corso d’opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

3. Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica (D.M. 17/01/2018, cap. 6.2.2)

I lavori in progetto non prevedono la realizzazione di manufatti che incidono sul terreno di fondazione in maniera significativa rispetto a quelli esistenti. *“Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali”.*

4. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo

Le scelte progettuali per le opere di fondazione sono state effettuate contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevazione.

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 le verifiche sulle strutture di fondazione devono rispettare gli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE) e le verifiche di durabilità.

Scelta dei parametri geotecnici

La parametrizzazione litotecnica dei terreni è stata basata sulle caratteristiche granulometriche ed il grado d'addensamento e sulla base di relazioni e diagrammi, riportati nella bibliografia specializzata di settore, abitualmente utilizzati nella pratica geotecnica.

Classificazione dei terreni

Classificazione Unified Soil Classification System (USCS)

Con riferimento alla classificazione Unified Soil Classification System (USCS), i materiali detritici possono essere definiti “mediamente grossolani” (trattenuto al setaccio 0,075 mm > 50%), classificabili in ragione della tessitura dominante, a:

- sabbie (passante al setaccio 0,075 mm < 5%) del gruppo SP o SW

Classificazione CNR-UNI 10006

Pur se la classificazione CNR-UNI 10006 è specifica per la geotecnica stradale, può essere utilizzata come valido riferimento per la classificazione dei materiali detritici naturali e fornisce indicazioni:

- sulle qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo
- sull'azione del gelo in relazione alle qualità portanti del terreno di sottofondo
- sul ritiro o rigonfiamento
- sulla permeabilità.

I materiali detritici appartengono al gruppo A1, sottogruppi A1-a, A1-b. Nel gruppo A1 rientrano i materiali descritti come “*Ghiaia o breccia. Ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice scorie vulcaniche, pozzolane*”.

Le caratteristiche sono:

- *qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo: da eccellente a buono*
- *azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo: nessuna o lieve*
- *ritiro o rigonfiamento: nullo*
- *permeabilità: elevata*

Classificazione U.S.B.R. dei suoli e delle terre a grana grossa

SUDDIVISIONI PRINCIPALI			SIMBOLO DI GRUPPO	DENOMINAZIONI	CRITERIO DI CLASSIFICAZIONE DI LABORATORIO		
SUOLI E TERRE A GRANA GROSSA (+50% del materiale > setaccio 0,075 UNI)	GHIAIE (+50% della frazione grossa > setaccio 0,4 UNI)	GHIAIE PULITE	GW	Ghiaie ben assortite, miscele ghiaia - sabbia, fini scarsi o assenti	Determinare le percentuali di sabbia e di ghiaia della curva granulometrica. Secondo il % dei fini (frazione passante al setaccio 0,075 UNI): >5% GW, GP, SW, SP; 5 - 12% doppia simbologia; <12% GM, GC, SM, SC	$C_u = D_{60} / D_{10} > 4$	
			GP	Ghiaie male assortite, miscele ghiaia - sabbia, fini scarsi o assenti		Non soddisfacente tutte le condizioni di 6W	
		GHIAIE CON FINI	GM	Ghiaie limose, miscele ghiaia - sabbia - limo		Limiti di Atterberg sotto la linea "A" o $IP < 4$; Limiti di Atterberg sopra la linea "A" con $IP > 4$; Sopra la linea "A" con $4 < IP < 7$ occorre la simbologia doppia	
			GC	Ghiaie argillose, miscele ghiaia - sabbia - argilla		$C_u = D_{60} / D_{10} > 6$; $C_c = (D_{10})^2 / (D_{10} \times D_{60}) = 1 - 3$	
	SABBIE (+50% della frazione grossa < setaccio 0,4 UNI)	SABBIE PULITE	SW	Sabbie ben assortite, ghiaie sabbiose, fini scarsi o assenti		Non soddisfacente a tutte le condizioni granulometriche per SW	
			SP	Sabbie poco assortite, sabbie ghiaiose, fini scarsi o assenti		Limiti di Atterberg sotto la linea "A" o $IP < 4$	Con limiti entro la zona a tratteggio con IP compreso tra 4 e 7 occorre la simbologia doppia
		SABBIE CON FINI	SM; SC	Sabbie limose, miscele sabbia - limo, sabbie limose, miscele sabbia - argilla		Limiti di Atterberg sopra la linea "A" con $IP > 4$	
SUOLI E TERRE A GRANA GROSSA (+50% del materiale < setaccio 0,075 UNI)	LIMI ED ARGILLE (LL < 50)	ML	Limi inorganici e sabbie molto fini, farina di roccia, sabbie limose o limi argillosi con bassa plasticita'	CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DI LABORATORIO			
		CL	Argille inorganiche con bassa - media plasticita', argille ghiaiose, argille sabbiose, argille pure				
		OL	Limi organici e argille limose organiche di bassa plasticita'				
	LIMI ED ARGILLE (LL > 50)	MH	Limi inorganici, suoli sabbiosi o limosi, micacei o diatomacei, limi elastici				
		CH	Argille inorganiche di alta plasticita', argille grasse				
		OH	Argille organiche di medio - alta plasticita', limi organici				
	Suoli e terre molto organiche		Pt				Materia organica

CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE C.N.R. - U.N.I. 10006 / 1963 derivata dalla class. AASHO - U.S.A.

Classificazione Generale	Terre ghiaioso - sabbiose							Terre limoso - sabbiose					Torbe o terre organiche o palustri	
	Frazione passante allo setaccio 0,075 UNI 2332 < 35%							Frazione passante allo setaccio 0,075 UNI 2332 > 35%						
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8	
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6		
Analisi Granulometrica. Frazione passante allo setaccio														
2 UNI 2332%	< 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0,4 UNI 2332%	< 30	< 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0,075 UNI 2332%	< 15	< 10	< 10	< 35	< 35	< 35	< 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35		
Caratteristiche della frazione passante allo setaccio														
0,4 UNI 2332% Limite liquido	-		-	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	> 40		
Indice di plasticita'	< 6		N.P.	< 10	< 10	> 10	> 10	< 10	< 10	> 10	(IP < LL-30	(IP < LL-30		
Indice di gruppo	0		0	0		< 4		< 8	< 12	< 16	< 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia. Ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice scorie vulcaniche, pozzolane.		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				limi poco compressibili	limi poco compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili moderatamente plastiche	Argille fortemente compressibili plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre	
Qualita' portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulle qualita' portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilita'	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o nulla				
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabile a vista	Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacita' media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento* - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili alo stato umido				Fibrosi di color bruno o nero - Facilmente individuabili a vista	

* Prova di cantiere che puo' servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendo successivamente tra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparira' sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparira' comprimendo il campione fra le dita.

Densità relativa

Secondo R. Lancellotta (GEOTECNICA, Zanichelli 1987), “... l'angolo di attrito non rispecchia soltanto l'attrito interno tra i grani, e per questo motivo si preferisce la definizione di angolo di resistenza al taglio. A parità di altri fattori questa dipende infatti dall'attrito interno tra i grani che si mobilita nel corso dei movimenti relativi tra le particelle, e dal loro grado di mutuo incastro crescente all'aumentare della densità relativa”.

In quest'ottica, per la determinazione dell'angolo di resistenza al taglio non si è tenuto in considerazione solamente il dato estrapolato dalla bibliografia e riferibile alla classificazione granulometrica, ma si è tenuta in debita considerazione anche la naturale densità relativa D_r che il materiale presenta.

La densità di un terreno rappresenta il grado di addensamento e si definisce relativa in quanto non è il valore ottimale per quel tipo di terreno.

È definita come:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e_0}{e_{\max} - e_{\min}} \%$$

dove:

e_0 *indice dei vuoti del terreno allo stato naturale;*

e_{\max} *indice dei vuoti del terreno nelle condizioni di minimo addensamento;*

e_{\min} *indice dei vuoti del terreno nelle condizioni di massimo addensamento.*

In base al valore di densità relativa, un terreno è (Scesi, Papini - Il rilevamento geologico - tecnico, Geologia applicata 1 - Città studi edizioni - 1995):

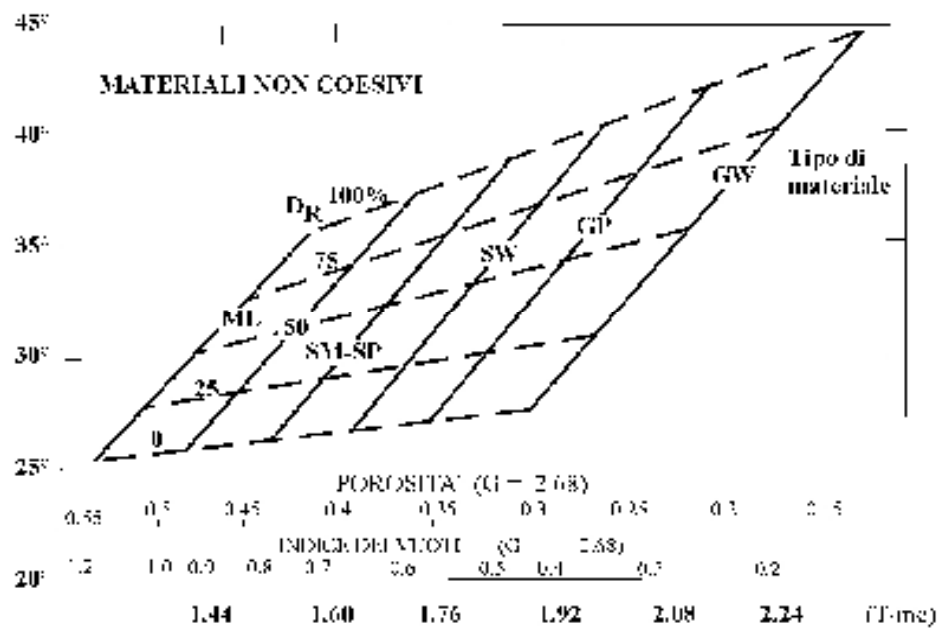
DENOMINAZIONE	$D_r\%$
Molto sciolto	15
Sciolto	15 - 35
Mediamente addensato	35 - 65
Addensato	65 - 85
Molto addensato	85 - 100

In base al grado di addensamento dovuto al proprio carico litostatico il materiale in sito alla quota del piano di posa delle fondazioni può essere definito **sciolto**.

Angolo di attrito

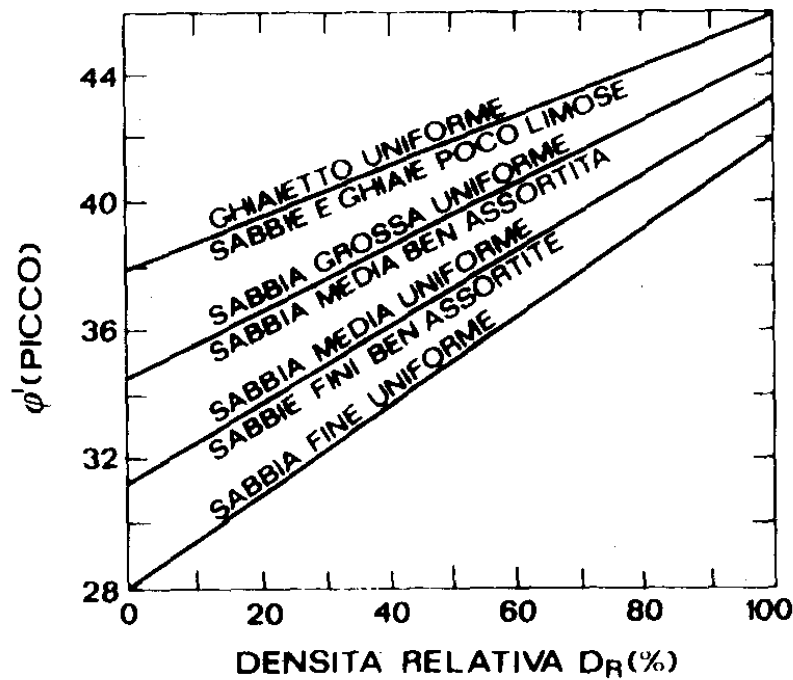
Classificazione del manuale NAVFAC (1971)

Dal diagramma riportato nella figura sottostante (NAVFAC Manual, 1971), per i gruppi SP e SW assumendo un peso di volume (γ) = 1,70 - 1,80 T/mc, sciolto con valori di densità relativa (D_r) nell'ordine del 15% - 35%, si correla un valore dell'angolo d'attrito interno (ϕ) compreso tra 32° e 34°.



Classificazione di Schmertmann (1978)

Le osservazioni in sito e le indicazioni riportate in precedenza sono confermate dalla classificazione di Schmertmann (1978) dalla quale si deduce come l'angolo di attrito interno di materiali sabbiosi con elementi arrotondati sciolti varia da un minimo di 32° per ad un massimo di $36^\circ - 38^\circ$.



Valori indicativi dell'angolo di attrito di picco (ϕ') (Schmertmann, 1978)

Coesione

Il comportamento geotecnico è di tipo granulare, pertanto il contributo alla resistenza al taglio è determinato esclusivamente dall'angolo d'attrito interno (ϕ), mentre la coesione (c) si può verosimilmente considerare nulla.

L'assunzione di $c = 0$ per il materiale inerte sottostante la coltre di terreno agrario è a favore della stabilità in quanto nel materiale esistono tensioni intergranulari, peraltro mal quantificabili su di un terreno con le caratteristiche di quello analizzato, che nella realtà simulano una sorta di "pseudocoesione" ed offrono un contributo alle forze resistenti. Peraltro anche i valori di angolo di resistenza al taglio utilizzati nei calcoli riportati di seguito risultano coincidenti ad una densità relativa inferiore a quella effettivamente misurata in sito e pertanto i parametri utilizzati risultano cautelativi.

Stima preliminare dei parametri geotecnici

Visti i dati bibliografici analizzati si stimano preliminarmente i seguenti parametri geotecnici:

Caratteristiche geotecniche <u>preliminari</u>	Φ	C
	(°)	[kg/m ²]
Sabbia ghiaiosa	33	0

Analisi statistica dei parametri geotecnici

Angolo di attrito ϕ (°)

Il valore di angolo di attrito *di picco* non può essere utilizzato tal quale in quanto non cautelativo.

I parametri geotecnici sono stati pertanto sottoposti ad analisi statistica con metodo Bayesiano¹ che permette di ricavare il valore del quinto percentile anche con una popolazione statistica di dati ridotta.

Nelle pagine seguenti sono riportati i calcoli effettuati ipotizzando una popolazione costituita da 3 campioni.

La varianza, ipotizzata pari al 10%, deriva una deviazione standard della stima Bayesiana pari a 3,30.

Coesione c (kg/m²)

Il valore di coesione utilizzato è nullo e pertanto non richiede analisi statistica.

¹ L'inferenza bayesiana è un approccio all'inferenza statistica in cui le probabilità non sono interpretate come frequenze, proporzioni o concetti analoghi, ma piuttosto come livelli di fiducia nel verificarsi di un dato evento. Tramite tale approccio, si usa una stima del grado di fiducia in una data ipotesi prima dell'osservazione dei dati, al fine di associare un valore numerico al grado di fiducia in quella stessa ipotesi successivamente all'osservazione dei dati.

METODO BAYESIANO PER LA STIMA DEI VALORI CARATTERISTICI

Distribuzioni coniugate normali

Campione riferito alla litologia SABBIA GHIAIOSA

PRIORI: esperienza pregressa

media	COV %	Dev.st
33,00	10,00	3,30

VEROSIMIGLIANZA o Likelihood: misure

n°_dati	media	COV %	Dev.st
3	33,00	10,00	3,30

POSTERIORI: stima bayesiana

media	COV %	Dev.st
33,00	0,07	2,33

Stima bayesiana del valore caratteristico in situazioni di compensazione

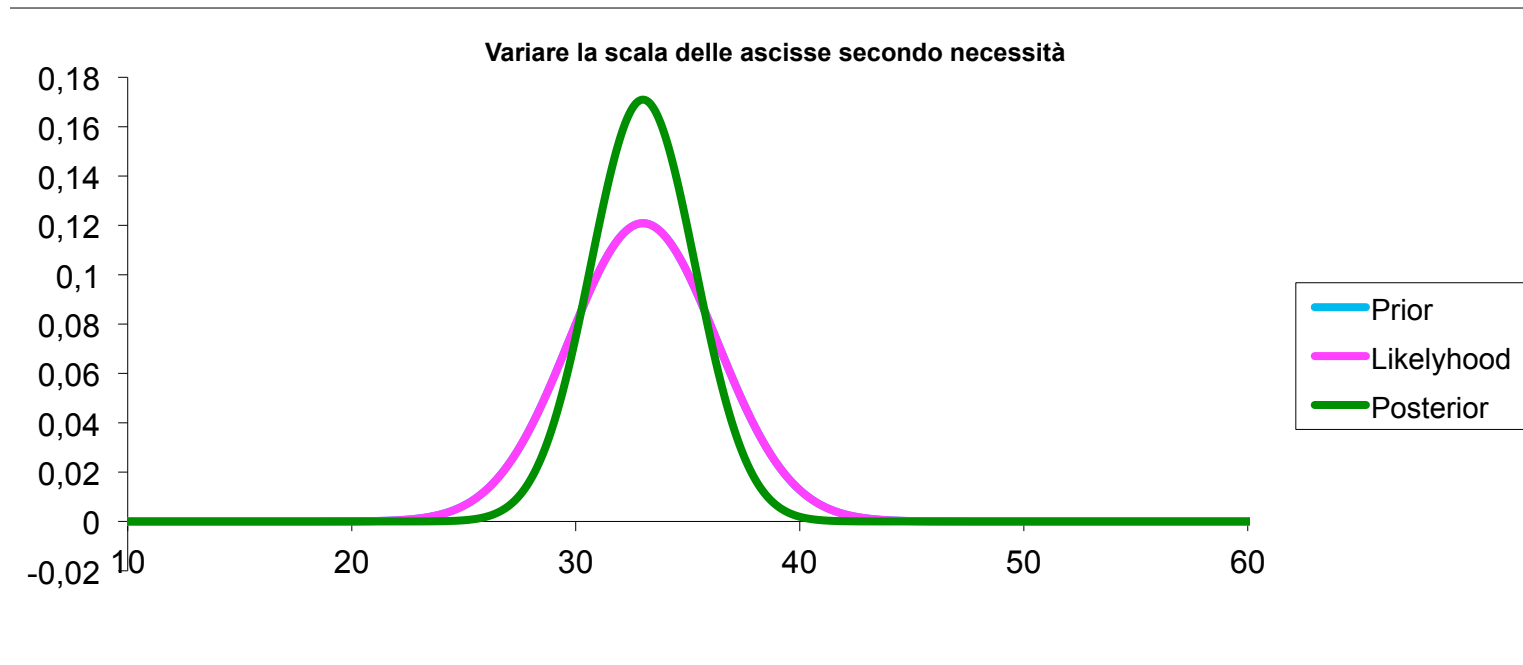
29,83

Stima bayesiana del valore caratteristico con pochi dati (statistica della varianza nota)

30,78

Stima bayesiana del valore caratteristico in situazioni di non compensazione

29,16



N.B.: con $n < 5$, viene utilizzata la varianza della verosimiglianza

Stima definitiva dei parametri geotecnici

Angolo di attrito ϕ (°)

Il valore di angolo di attrito *corretto* è riportato nella tabella seguente alla quale sono stati aggiunti i valori di massa volumica drenata e satura.

Caratteristiche geotecniche <u>definitivi</u>	Φ	C	γ drenato	γ saturo
	(°)	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ³]
Sabbia ghiaiosa	30,5	0	1.700	1.800

Settembre 2020