



COMUNE DI MOZZANICA  
Settore Edilizia Pubblica

## NUOVA PISTA CICLABILE

via Padana Superiore



**STUDIO GIZETA**

**PROG. ARCHITETTONICA | STRUTTURE  
IMP. MECCANICI | SICUREZZA**

**ING. ALBERTO ZANCHI**

VIA PONTESECCO 7 | 24010 PONTERANICA BG  
TEL. 035 57 45 18  
www.studiogizeta.it - info@studiogizeta.it

FASE:  
**PROGETTO ESECUTIVO**

DISCIPLINA:  
**GEOLOGIA**

TAVOLA:  
**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

SCALA:  
-

CODICE ELABORATO:

**PC GEO GEN REL 001**

PROGETTO FASE DISCIPLINA CATEGORIA NUMERO

### Revisioni

Rev.	Data	Oggetto
1	06/03/2026	Progetto esecutivo

cod. int. PC.ES.GEO.REL.001

Scala: -

COMMITTENTE	Comune di Mozzanica
OGGETTO	Nuovo ponte lungo la pista ciclabile in via Padana Superiore
COMUNE	Mozzanica (Bg)
DATA	Relazione geologica (R1, R3) Relazione geotecnica (R2) marzo 2026
RELATORE	<i>dott. geol. Alessandro Ratazzi</i>



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alessandro Ratazzi".

## SOMMARIO

### Premessa

#### Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

- Inquadramento geologico-geomorfologico
- Inquadramento idrologico e idrogeologico
- Indicazioni componente geologica PGT comunale
- Classificazione sismica
- Indicazioni componente geologica PGT comunale
- Classificazione sismica

#### Relazione Geotecnica -Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

#### Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

#### Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

- Fondazioni superficiali
- Pareti di scavo e opere di sostegno

#### Allegati (in fondo al testo):

#### Indagini pregresse

(File – MozzanicaPavesi)

## Premessa

Su incarico dello Studio Associato Gizeta, e per conto dell'Amministrazione comunale di Mozzanica, è stato redatto il presente studio geologico e geotecnico con note idrogeologiche a supporto del progetto che prevede la realizzazione di un nuovo ponte lungo la pista ciclabile in via Padana Superiore nel comune di Mozzanica (Bg).

Date le personali conoscenze dei luoghi, in accordo con i progettisti, sono stati utilizzati i risultati di numerose indagini geognostiche e relazioni geologico tecniche seguite dal sottoscritto o effettuate da altre società, in passato, nelle immediate vicinanze e comunque nel medesimo ambito geologico-geomorfologico. A completamento dello studio è stato effettuato un rilievo geologico-stratigrafico del sito oltre alla diretta osservazione dei depositi in affioramento in scavi realizzati nelle immediate vicinanze del lotto in esame.

È stato fatto riferimento, inoltre, all'esauriente studio geologico (e relative mappe) redatto a supporto del PGT.

Trattandosi di risultati desunti da indagini puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, qualora in fase di scavo si dovessero evidenziare differenze significative da quanto qui riportato, sarà preciso obbligo dell'impresa esecutrice darne tempestiva comunicazione.

Nella presente relazione geotecnica saranno analizzati i risultati delle indagini svolte per caratterizzare dal punto di vista stratigrafico, geotecnico e idrogeologico il sottosuolo, indicare la resistenza di progetto del terreno interagente con le opere di fondazione e stimare l'entità dei cedimenti indotti dalle opere in progetto. Si forniranno inoltre indicazioni sulle modalità di scavo e su eventuali opere di stabilizzazione e consolidamento.

Viene redatta seguendo le indicazioni tecniche esposte:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, 17 gennaio 2018)
- nel D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)
- nella L.R. 12 ottobre 2015, n.33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- nel D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 Approvazione delle linee guida di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

## Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

### Inquadramento geologico - geomorfologico

L'area interessata dall'intervento è posta nella fascia nord-orientale dell'abitato di Mozzanica (BG), ad una quota di circa 102 m s.l.m..



Dal punto di vista geomorfologico risulta sub- pianeggiante lungo la piana alluvionale attuale e recente del Fiume Serio; in tutto il settore sono presenti forme riconducibili a paleoalvei.

A grande scala tutta la zona è posta su terrazzi fluvio-glaciali con un dislivello massimo tra loro di 10-12 m circa. Nel particolare l'area di studio è posta proprio su uno di questi ripiani, intermedio, con andamento N-S subpianeggiante che raccorda l'alveo del fiume Brembo con la circostante pianura.

Sotto l'aspetto sedimentario-granulometrico, sia il rilievo dell'area che la consultazione della bibliografia esistente in letteratura (in particolare la *"Carta geologica della provincia di Bergamo"* a cura del Servizio Territorio della Provincia di Bergamo) hanno evidenziato che la presenza di "depositi alluvionali" (Pleistocene superiore-Olocene), ghiaiosi ciottolosi con sabbie; è presente solitamente una coltre costituita da limi sabbiosi di spessore massimo pari a 1-2.0 m: appartengono all'Unità Postglaciale (Unità Ubiquitarie), cartografata in precedenza con il termine *"Alluvioni attuali, recenti, antiche e tardive"*.

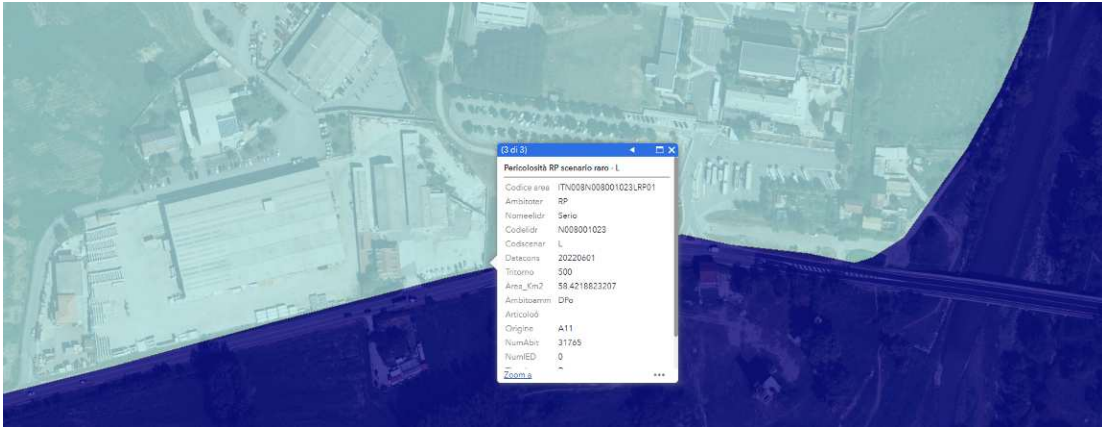
Non si esclude comunque una certa eterogeneità granulometrica e geotecnica legata alla diversa energia deposizionale ed erosionale del Fiume Serio (e del reticolo idrico minore) nel corso del tempo.

Nelle indagini prese a riferimento si è notata infatti una granulometria più fine dei depositi presenti nelle porzioni più distanti dall'alveo e sempre più grossolani man mano che ci si avvicina al Fiume Serio.

## Inquadramento idrologico e idrogeologico

Dal punto di vista idrologico si segnala la presenza del Fiume Serio e per la quale, la cartografia di PGT La Regione Lombardia (Direttiva Alluvioni), indicano

- uno scenario “*raro*” di pericolosità
- con rischio “*medio*” R2



Relativamente alla compatibilità idraulica degli interventi edilizi previsti e alla possibilità di intraprendere eventuali misure di mitigazione e/o accorgimenti costruttivi specifici, si rimanda a specifico studio idraulico redatto da professionista abilitato.

Le caratteristiche della falda acquifera principale sono note grazie ai dati bibliografici esistenti e relativi ai pozzi ad uso idropotabile censiti e dei quali si conoscono le caratteristiche di costruzione e le stratigrafie dei terreni scavati e per quanto riportato nella “Carta della profondità della falda” della pubblicazione “*Piano territoriale di coordinamento della Provincia di Bergamo*”): la superficie della falda principale è posta alla quota media di 97-98 m circa s.l.m. (e quindi ad una profondità di circa 2.5-3.5 m a seconda del periodo) e la sua direzione di flusso è mediamente da N/NE a S/SW.

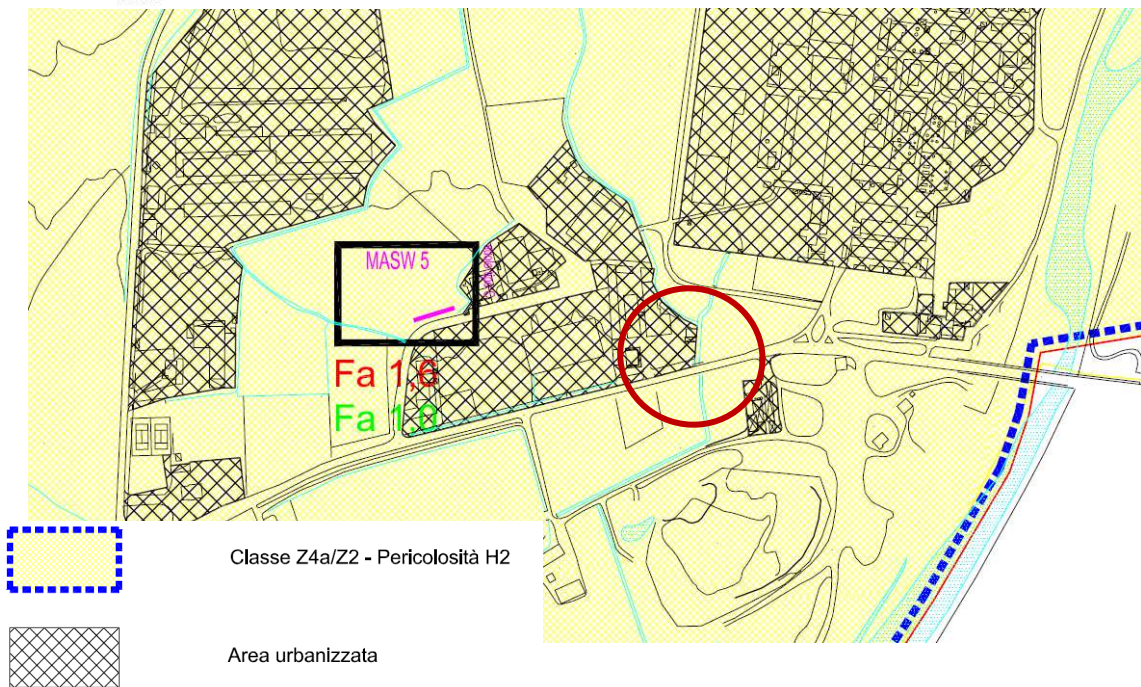
La superficie freaticometrica non mostra sempre un andamento molto regolare poiché sede dell’acquifero è spesso l’unità litostratigrafica ghiaiosa in parte cementata e che funziona da serbatoio solo dove il grado di cementazione è minore.

Le oscillazioni stagionali possono variare anche di 2-3 metri, a seconda dell’apporto delle precipitazioni meteoriche e quelle del Fiume Serio.

Indicazioni componente geologica PGT comunale

Nella Carta di fattibilità redatta a supporto al PGT l'area è posta in "Classe 3a, con consistenti limitazioni" per criticità idrogeologiche e bassa soggiacenza della falda.

Mentre dal punto di vista della pericolosità Sismica Locale, è classificata in zona Z4a/Z2.



Sia nella Carta dei Vincoli Geologici che in quella di Sintesi vengono confermate le indicazioni di fattibilità.

## Classificazione sismica

Mozzanica è in classe "3" e con  $A_g$ Max pari a 0,117574.

TR (anni)	$A_g$ (g)	F0(-)	TC*(s)
30	0.031	2.446	0.201
50	0.040	2.480	0.218
72	0.049	2.432	0.235
101	0.057	2.452	0.246
140	0.066	2.440	0.259
201	0.078	2.438	0.264
475	0.111	2.434	0.274
975	0.146	2.469	0.280
2475	0.198	2.514	0.291

Vita nominale della costruzione (anni): VN: 50

Classe d'uso della costruzione  $c_u$ : 1.0

Periodo di riferimento per la costruzione (anni): VR: 50

Stato Limite	TR (anni)	$A_g$ (g)	F0(-)	TC*(s)
SLO	30	0.032	2.446	0.201
SLD	50	0.040	2.479	0.219
SLV	475	0.111	2.434	0.274
SLC	975	0.146	2.469	0.280

## Categoria sismica dei terreni

Relativamente alle problematiche sismiche, come desumibile dallo studio di PGT, l'area viene classificata in "Zona Z2/Z4a" e per la quale sono attesi effetti di possibile liquefazione e di amplificazione litologiche e geometriche.

Relativamente alla problematica Z2, la normativa prevede il passaggio diretto al 3° livello di approfondimento, da effettuarsi in fase progettuale. In tale caso, l'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimento e di liquefazione ("riduzione di resistenza e/o di rigidità causata durante il moto sismico dall'aumento di pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi").

Facendo riferimento alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni:

### 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Le indagini note allo scrivente effettuate in passato, hanno permesso di accertare l'assenza dell'indicazione n.4 e pertanto potrà essere omessa la verifica alla liquefazione.

In questo contesto si ritiene però possibile che ci siano problematiche di amplificazione litologica: l'attuale normativa prevede che debbano essere effettuati approfondimenti di studio sismico di secondo livello al fine di determinare in modo semiquantitativo il fattore di amplificazione locale  $F_a$ . Tale valore è utilizzato in fase progettuale per ottimizzare le strutture sotto l'aspetto della prevenzione antisismica.

Sulla base delle indagini sismiche note nella zona allo scrivente sono presumibili terreni con  $V_{seq}$  (riferiti al piano di appoggio delle fondazioni) pari 540-550 m/s (categoria B) e con un andamento della curva delle velocità, assimilabile a quella di riferimento litologica della Regione Lombardia "limosa-argillosa2".

Con il metodo di calcolo indicato dalla normativa si ottengono valori di  $F_a$  pari a:

**Fa Intervallo di periodo 0,1 – 0,5 s: 1.6**

**Fa Intervallo di periodo 0,5 – 1.5 s: 1.1**

Per il comune di Mozzanica, i valori di soglia del Fattore di amplificazione  $F_a$  forniti dalla Regione Lombardia, differenziati per suoli di fondazione e per periodi, sono:

INTERVALLO	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,9	2,2	2,0
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

e rappresentano il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

L'approfondimento sismico di secondo livello ha evidenziato quanto segue:

**INTERVALLO 0.1 / 0.5 s – Strutture basse, regolari e rigide:  $1.6 > 1.4 < 1.9$  ( $F_a > F_a^s$ )**

Sarà necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (in questo caso suolo C).

**INTERVALLO 0.5 / 1.5 s – Strutture alte e flessibili:  $1.1 < 1.7$  ( $F_a < F_a^s$ )**

Anche in questo caso, sarà possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente e utilizzare un suolo B.

Per determinare i parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali si potrà fare riferimento alla tabella:

Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

Mentre per quelli della componente verticale:

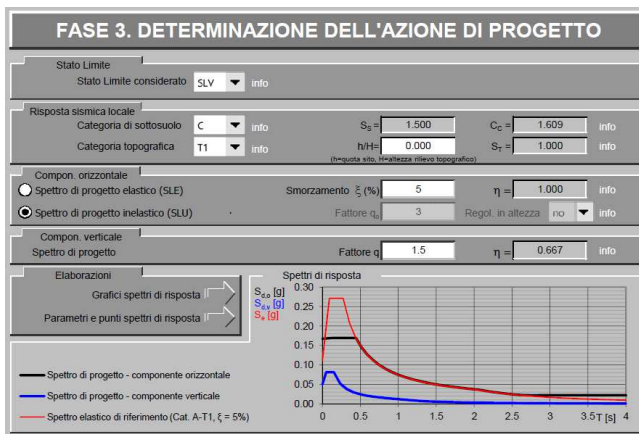
Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A-B-C-D-E	1.00	0.05	0.15	1.00

Definizione dei parametri e dei coefficienti sismici

Categoria sottosuolo: **C**                      Categoria topografica: **T1**  
 Periodo di riferimento: 50anni                      Coefficiente cu: 1

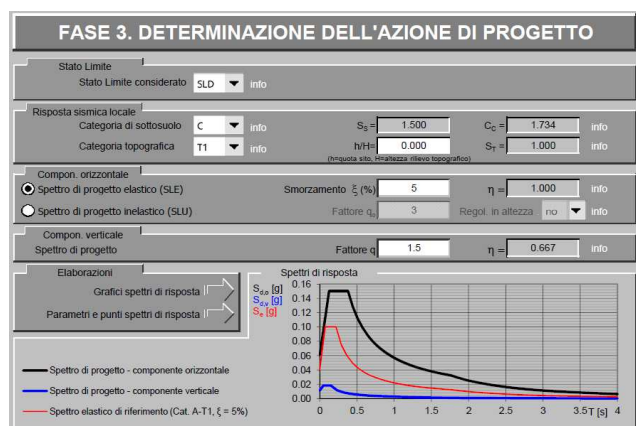
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* (ampl. stratigrafica)	1,50	1,50	1,50	1,48
Cc* (coeff.funz. categ.)	1,78	1,73	1,61	1,60
St* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00
kh	0,009	0,012	0,041	0,052
kv	0,005	0,006	0,020	0,026
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,464	0,595	1,658	2,134
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Determinazione dell'azione di progetto



SLU

SLE



## Relazione Geotecnica -Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

### Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

I risultati delle indagini geognostiche effettuate nello stesso contesto geologico stratigrafico hanno evidenziato una situazione non del tutto omogenea; non si escludono pertanto locali variazioni granulometriche e geotecniche (come l'irregolare presenza di orizzonti marcatamente limoso sabbiosi meno addensati); le descrizioni stratigrafiche sono da ritenere indicative in quanto dedotte in modo indiretto durante l'esecuzione delle prove.

LIVELLO [1]: dal piano campagna fino alla profondità di circa 1.5 m.

Si tratta di depositi limoso argillosi in parte rimaneggiati e in parte d'alterazione eluviale definibili come "sciolti" (Associazione Geotecnica Italiana 1977); dalla profondità cautelativa di 1.5 m circa, i terreni in esame sono da ritenere cautelativamente saturi in acqua e con:

*Peso di Volume (t/mc): 1.65      Peso di Volume in falda (t/mc): 1.15*

*Angolo di Attrito (°): 24-25*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 30-40*

ricordando che:

Peso di volume: stima valutata in relazione a  $N_{SPT}$

Angolo di attrito: correlazione tra  $N_{SPT}$  e  $\phi$  di Meyerhof per terreni con una percentuale di sabbia fine e limo superiore a 5

Modulo elastico: valutato da correlazioni empiriche tra  $N_{SPT}$  e il tipo di terreno

LIVELLO [2]: dalla base dello strato precedente fino alla profondità variabile di 4.2-5.1 m.

Livello costituito da depositi sabbiosi con ghiaia ("poco-moderatamente addensati" AGI 1977), con irregolari orizzonti decimetrici "molto sciolti"; si possono prevedere:

*Peso di Volume (t/mc): 1.65-1.70      Peso di Volume in falda (t/mc): 1.15-1.20*

*Angolo di Attrito (°): 25-27*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 40-80*

LIVELLO [3]: dalla base dello strato precedente fino alla massima profondità investigata di circa 10 m.

Si tratta di sabbie sature con ghiaia, e localmente ciottoli, ("moderatamente addensati" AGI 1977); localmente sono presenti orizzonti più grossolani e/o più addensati che possono far rilevare anche il "rifiuto alla penetrazione meccanica della punta".

Come già anticipato, non si esclude che nell'area siano presenti anche irregolari livelli marcatamente limoso sabbiosi meno addensati.

Dal punto di vista geotecnico si stima:

*Peso di Volume (t/mc): 1.70-1.75      Peso di Volume in falda (t/mc): 1.20-1.25*

*Angolo di Attrito (°): 30-32*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 120-180*

## Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

### Fondazioni superficiali

Il progetto in esame contempla la realizzazione di nuove travi di fondazione ( $L=1.3$  m) alla quota minima di 2.5 m circa da piano campagna; dato il contesto è stata considerata la presenza di acqua.

È stata determinata (con le relazioni di Terzaghi, Meyerhof e Brinch-Hansen) la resistenza del sistema terreno-fondazione ( $R_d$ ) con la combinazione e l'approccio di calcolo che la normativa richiede, e calcolati i cedimenti totali teorici che potrebbero registrarsi qualora le condizioni stratigrafiche locali interagissero con le opere di fondazione uniformemente sollecitate dalla resistenza di progetto in condizioni di esercizio ( $R_{d(SLE)}$ ) per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione, nel rispetto della condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove:  $E_d$ : valore di progetto dell'effetto delle azioni.  
 $C_d$ : valore limite dell'effetto delle azioni

Alla luce di quanto sopra si potrà quindi prevedere:

RESISTENZA DI PROGETTO DEL SISTEMA GEOTECNICO ( $R_d(SLU)$ ) con coeff. parz. M1,R1)

FONDAZIONE				TERRENO(k)		RESISTENZA DI PROGETTO		
Profondità	Rinterro	Largh. (B)	Lungh.(L)	$\gamma$	$\phi$	Terzaghi	Meyerhof	Brinch-Hansen
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	$R_d$	$R_d$	$R_d$
						[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
2.5	0.4	1.3	indef.	1.15	26.0	1.5	1.2	1.3

RESISTENZA DI PROGETTO DEL SISTEMA GEOTECNICO ( $R_d(SLU)$ ) con coeff. parz. M1,R3)

FONDAZIONE				TERRENO(k)		RESISTENZA DI PROGETTO		
Profondità	Rinterro	Largh. (B)	Lungh.(L)	$\gamma$	$\phi$	Terzaghi	Meyerhof	Brinch-Hansen
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	$R_d$	$R_d$	$R_d$
						[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
2.5	0.4	1.3	indef.	1.15	26.0	0.7	0.5	0.6

Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio  $R_d(SLE)$  0.6 [kg/cmq]  
Cedimento del terreno previsto con  $R_d(SLE)$  0.6 [kg/cmq]: 1.4 [cm]  
Valore di Resistenza per verifica di stabilità globale M2+R2 (con  $\gamma_R=1,1$ ) 0.3 [kg/cmq]

- Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio ( $R_{d(SLE)}$ ) pari a 0.6 kg/cmq con cedimenti totali teorici contenuti in 1.5 cm in parte compensati dalla tipologia di fondazione adottata.

Resta inteso che l'entità dei cedimenti qui stimati dovrà essere confrontata con quella che il progettista ritiene essere compatibile con la durabilità e l'esercizio dell'opera nelle diverse condizioni.

Soluzioni o valutazioni per ipotesi di geometrie differenti, potranno essere predisposte su richiesta del progettista strutturale.

## Pareti di scavo e opere di sostegno

Qualora i fronti di scavo non dovessero interessare a confine, edifici esistenti o strade, considerando il solo aspetto di stabilità, le operazioni di movimento terra potrebbero essere realizzate senza particolari opere preliminari di consolidamento.

Questo, tuttavia, non significa che non si dovranno adottare tutte le precauzioni previste dalla normativa vigente in merito alla sicurezza sui luoghi di lavoro per altezze superiori a 1.5 m (D.Lvo. n° 81/08).

Si segnala comunque che gli scavi di ribasso, che abitualmente vengono realizzati con fronti praticamente verticali sono da ritenere "stabili" solo in condizioni a brevissimo termine (secondo le indicazioni desunte dall'utilizzo del Metodo di Taylor) e pertanto sono assolutamente da evitare.

In condizioni di medio e lungo termine, condizioni nelle quali il terreno perde del tutto le caratteristiche di coesione, sia per le caratteristiche stratigrafiche che geotecniche dei terreni esaminati, la stabilità dei fronti potrà essere garantita solamente con angoli di scarpata non superiori a 55°.

Si raccomanda, comunque, di mantenere gli scavi aperti per il minor tempo possibile avendo cura di coprire il fronte (già dal bordo superiore) mediante teli impermeabili in nylon o politene. Sarà necessario incanalare, raccogliere ed allontanare eventuali venute d'acqua.

Per qualunque caso analizzato si sconsiglia il carico (anche accidentale) del tratto di monte a ridosso del fronte di scavo.

In aderenza a sovraccarichi o nell'impossibilità di seguire le modalità sopra indicate, si dovrà procedere in sezione parziale con realizzazione di eventuali sottomurazioni, o in alternativa, un lavoro preliminare di contenimento/consolidamento.

Infine, si dovranno valutare le problematiche legate alla possibile presenza di acqua, eventualmente prevedendo un sistema di de-watering.

Mi rendo comunque disponibile, in una fase progettuale più avanzata, a meglio valutare l'intervento ottimale.

Il modello geologico del sito, costruito mediante esecuzione di indagini puntuali, è applicabile tridimensionalmente a tutta l'area oggetto di intervento.

Trattandosi di risultati desunti da prove puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, sarà necessario verificare e confermare in fase di scavo le indicazioni qui esposte.

Dal punto di vista della compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale l'area non presenta alcuna restrizione, infatti, non vi sono situazioni di rischio idrogeologico.

I risultati esposti nella presente non tengono conto dei vincoli urbanistici, regolamenti edilizi locali e di altri vincoli imposti dalle pubbliche autorità, dei quali non sono stato incaricato di verificare l'esistenza.

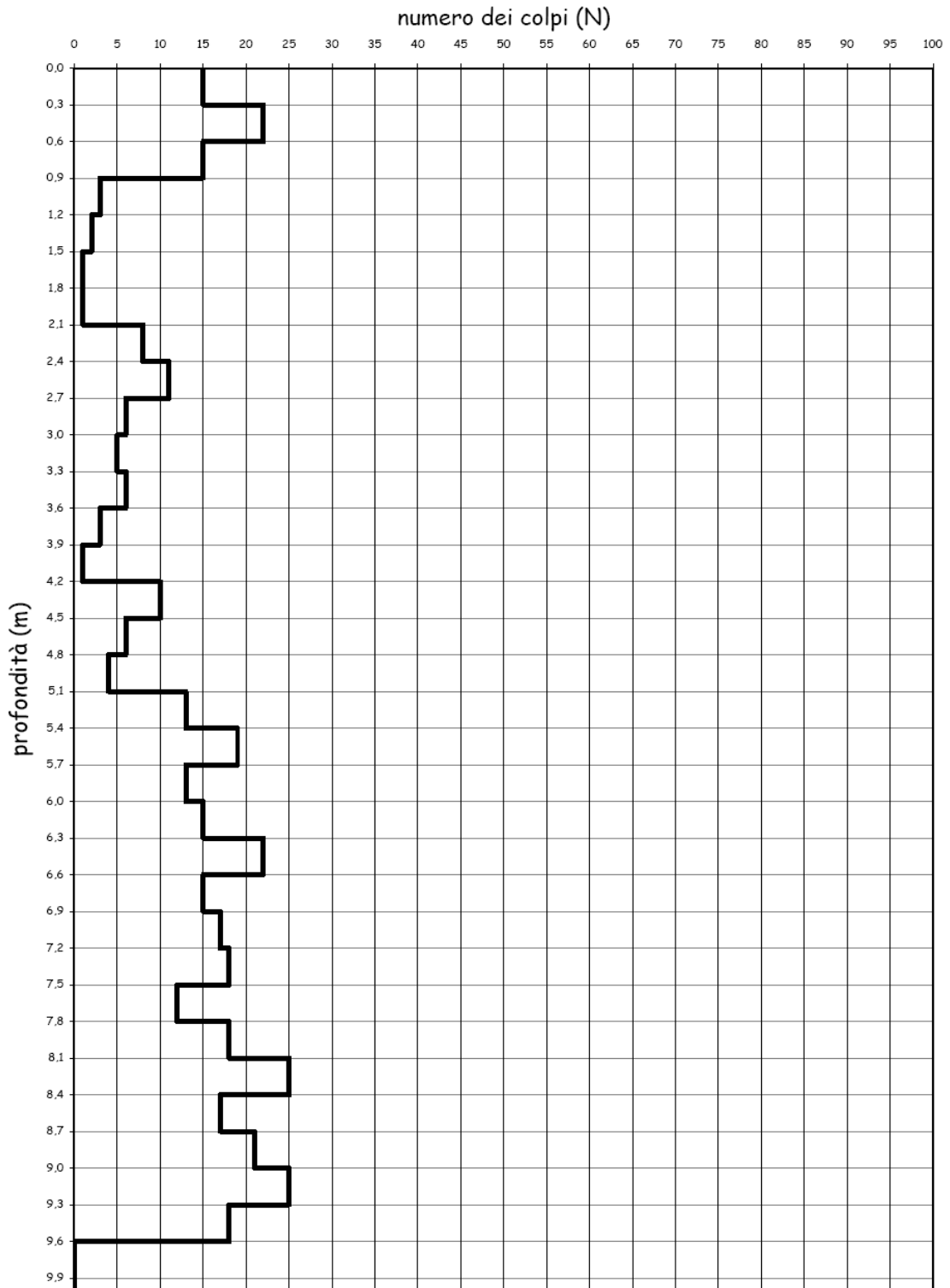
Resto a disposizione per qualsiasi chiarimento.



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alessandro Ratazzi".

Mozzanica (BG)  
agosto 2010

**PROVA PENETROMETRICA SCPT n°01**

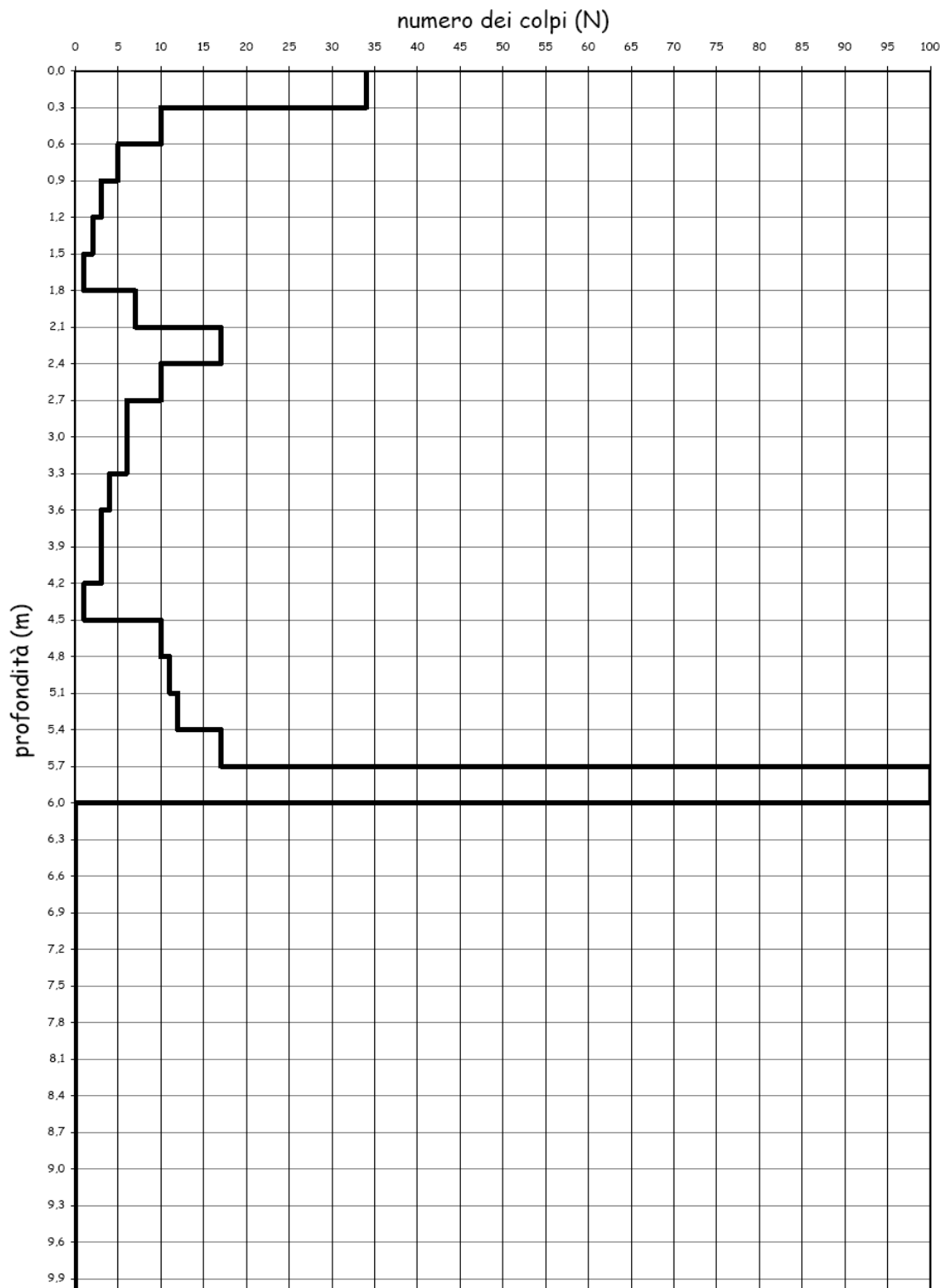


Maglio: 73 kg Corsa: 75 cm  
Punta: 51 mm Rivest: 48 mm

— Punta  
- - - - - Rivestimento

Mozzanica (BG)  
agosto 2010

**PROVA PENETROMETRICA SCPT n°02**



Maglio: 73 kg Corsa: 75 cm  
Punta: 51 mm Rivest: 48 mm

— Punta  
- - - - - Rivestimento

Indagini pregresse