

STUDIO DI INGEGNERIA BISIOL BRUNO

Control
Smart civil engineering
for BETTER FUTURE

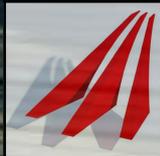
Innovation
RESEARCH
Enviroment

Precision
Training

Sede:
Galleria Progresso 11/3
30027 San Donà di Piave
(Ve) - Italia - IT
Tel. +39 0421 330926
+39 0421 1840073
web site:
www.bisiolengineering.net

e-mail:
info@bisiolengineering.net
PEC:
bruno.bisiol@ingpec.eu

C.F.: BSLBRN68H10H823R
P.IVA: 03235210279



COMMITTENTE



COMUNE DI PESCONTINA

REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI VERONA

Ufficio lavori pubblici

Via Madonna n. 49 - 37026 Pescantina (VR)



COMUNE DI BUSSOLENGO

REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI VERONA

Ufficio lavori pubblici

Piazza Nuova n. 14 - 37012 Bussolengo (VR)

LAVORO

**INTERVENTO DI PROTEZIONE CON MASSICCIA
DELLE FONDAZIONI DELLE PILE IN ALVEO DEI PONTI SUL
FIUME ADIGE NELLE FRAZIONI DI SETTIMO ED ARCÈ**

CUP: J67H23001830002

FASE

**DI FATTIBILITA'
TECNICO ECONOMICA**



PROGETTISTA:

ing. BISIOL BRUNO

Galleria Progresso n. 11/3 - 30027 San Donà di Piave (VE)

C. F. BSLBRN68H10H823R / P. I. V. A. 03235210279

Tel. 0421 330926 0421 1840073

info@bisiolengineering.net - www.bisiolengineering.net

Responsabile del procedimento:

Ing. Fantinati Bruno

DATA: **settembre 2023**

SCALE:

-

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE COMMESSA: S077

CODICE ELABORATO:

S077A05REPF

VERIFICATO: Ing. Bisiol Bruno

ELABORATO N.:

A05

APPROVATO: Ing. Bisiol Bruno

REVISIONE: DESCRIZIONE:

REDATTO:

Rev00 Prima emissione

ing. Bruno Bisiol

Rev01

Rev02

Rev03

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL FIUME ADIGE NELLA FRAZIONE DI SETTIMO E DEL PONTE IN FRAZIONE DI ARCE'

RELAZIONE GEOLOGICA

ENTE APPALTANTE:



COMUNE DI PESCANTINA
Via Madonna n.49 - 37026 Pescantina (VR)



COMUNE DI BUSSOLENGO
Piazza Nuova n.14 - 37012 Bussolengo (VR)

PROGETTO:

**LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE
SUL FIUME ADIGE NELLA FRAZIONE DI SETTIMO
E DEL PONTE IN FRAZIONE DI ARCE'**

OGGETTO:

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ING. BRUNO FANTINATI
Via Madonna n.49 - 37026 Pescantina (VR)

PROGETTISTA:



STUDIO DI INGEGNERIA BISIOL BRUNO
Galleria Progresso 11/3 – 30027 San Donà di Piave (VE)
Tel 0421-330926 - info@bisiolengineering.net

ing. Bisiol Bruno
Collaboratori: ing. Nico Baldissin, geom. Carlo Bergamo

REDATTORI INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE:

dott. Geol. Paolo Chioatto
dott. Geol. Silvia Daleffe

1 PREMESSA

I ponti sul Fiume Adige di Arcè e Settimo collegano i territori dei Comuni di Pescantina e Bussolengo; questi manufatti furono realizzati negli anni '50, per ovviare all'eliminazione del traghetto allora in uso e per la realizzazione dell'attuale centrale ENEL nel caso del ponte di Arcè. Si tratta di due ponti dalle caratteristiche analoghe, sia di strutture in elevazione che fondazionali, dimensionati in relazione alle norme vigenti all'epoca ed allo scarso volume di traffico del periodo.

La presente indagine geologico - geotecnica viene svolta per verificare le condizioni di stabilità e sicurezza dei due manufatti, in ottemperanza alle normative vigenti (D.M. 11/03/88). In particolare, sono state verificate le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione dei ponti, sia per le pile in alveo sia per le spalle sugli argini, attraverso l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, con prove in foro di sondaggio e prelievo di campioni rimaneggiati; su questi ultimi sono state eseguite le prove di laboratorio.

Inoltre, con il presente studio sono state definite anche le caratteristiche idrologiche del Fiume Adige in prossimità dei due ponti, e per un tratto significativo sia a monte sia a valle degli stessi, anche attraverso il controllo topografico delle sezioni batimetriche rilevate in precedenza dall'Autorità di Bacino.

L'analisi dei vari aspetti geotecnici, idrologici, idrogeologici e storici ha permesso di effettuare alcune valutazioni sulla sicurezza dei due manufatti in oggetto, senza per altro entrare nel merito della qualità dei materiali utilizzati per la loro realizzazione e nel relativo stato di conservazione, ma limitatamente alle caratteristiche dei terreni ed alle tipologie di fondazione adottate, alle attuali caratteristiche idrauliche del fiume Adige, ed alle modificazioni subite nel corso del tempo dall'alveo e dalle portate, nonché da tutti gli interventi antropici di regimazione effettuati a monte.

2 COROGRAFIA

I ponti di Arcè e Settimo, oggetto del presente studio, separano, come già accennato, i Comuni di Pescantina e Bussolengo. La corografia dei siti indagati è riportata nelle tavole allegate, con l'ubicazione dei due manufatti e delle indagini svolte.

Il Comune di Pescantina è situato in sinistra Adige, a N-NNW rispetto alla città di Verona; confina verso Nord Ovest con Comune di Sant'Ambrogio di Valpolicella, e a Nord Est con il Comune di San Pietro Incariano, mentre il confine meridionale, posto in coincidenza alla parte mediana del letto dell'Adige, separa Pescantina, procedendo da Ovest verso Est, rispettivamente dai Comuni di Pastrengo, Bussolengo e Verona.

Il territorio comunale è attraversato nella parte settentrionale dalla Strada Statale n. 12 Abetone - Brennero, l'antica via militare Claudia Augusta Padana; a nord di questa arteria stradale e con percorso all'incirca parallelo, si sviluppa la linea ferroviaria del Brennero; di più recente costruzione è invece la Strada Provinciale n. 1, che taglia il Comune da Nord verso Sud.

Il territorio in esame presenta quote assolute che variano dai 120.00 m circa di Ospedaletto, sino ai 78.00 m della Chiesa parrocchiale; è interessante rilevare anche che l'alveo dell'Adige entra nel territorio di Pescantina a Ponton ad una quota di 83 m s.l.m. e ne esce presso Nassar a 70 m s.l.m.

Per quanto riguarda il Comune di Bussolengo, questo è situato in destra Adige e confina con il Comune di Pastrengo, Sona, Verona, Lazise e Castelnuovo d.G.; il territorio comunale è attraversato dalla A22 del Brennero, dalla Strada Statale n. 12, dalla Strada Statale n. 11, nonché dalla S.P. per Lazise.

Il territorio comunale presenta quote che variano, passando da Nord - Ovest verso Sud - Est, dai 245 m della Cima del Monte Crocetta ai 78 m circa di Palazzina; l'Adige entra in Bussolengo ad una quota di 86 m in località Pol di Bussolengo, per uscirne a circa 78 m in località Como Basso.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area indagata è situata nell'ambito esterno del complesso sistema degli anfiteatri morenici del Garda e dell'Adige, che hanno lasciato come testimonianza del loro passaggio una serie di terrazzi di età diverse, che si sono originati dai processi deposizionali connessi con le fasi glaciali, postglaciali, periglaciali, cataglaciali, fluvioglaciali tipiche di questo ambiente di alta pianura al limite delle propaggini alpine.

Nell'area in esame gli agenti modellatori sono stati i diversi scaricatori fluvioglaciali che, dilavando i depositi morenici delle varie fasi glaciali, hanno dato origine ad una morfologia ondulata con terrazzi di diversa altezza, a loro volta modellati dal corso dell'Adige e dei suoi affluenti in periodi successivi, mentre in epoca attuale hanno modificato la morfologia originale gli interventi antropici per la coltivazione del suolo, per l'urbanizzazione e per l'industrializzazione.

La morfologia del territorio è legata quindi al divagare dell'Adige; l'antico conoide appare terrazzato su più livelli, i principali dei quali risultano delimitati da scarpate che raggiungono anche la ventina di metri di dislivello. Gli elementi in esame presentano spesso morfologie addolcite dai successivi interventi antropici, ed in modo particolare quelli di minore rilievo risultano difficilmente riconoscibili.

Nel complesso il suolo è costituito da uno spessore modesto, di colore più o meno rossastro secondo l'origine dei depositi ed il grado di fertilizzazione, con prevalenza di uno scheletro ghiaioso e presenza di leganti in quantità variabili.

Il sottosuolo è costituito invece da terreni alluvionali e fluvioglaciali costituiti da prevalenti ghiaie poligeniche con sabbie e ciottoli, deposte dagli antichi corsi dell'Adige sopra menzionati; le ghiaie atesine sono frequentemente cementate, e localmente intercalate da rari livelli limo - argillosi di probabile apporto lessineo.

I depositi atesini raggiungono uno spessore accertato superiore al centinaio di metri; per la loro granulometria prevalentemente ghiaioso - sabbiosa costituiscono un orizzonte ad elevata permeabilità, che ospita un acquifero localmente differenziato dalle intercalazioni limo - argillose, meno permeabili.

Nella parte settentrionale del territorio del Comune di Pescantina è stato individuato un elemento strutturale che, in modo diverso, trova riscontro in vari Autori. Si tratta di una "fascia di deformazione" (faglia, sistema di faglie, fessura, struttura a graben o sinclinale fagliata?) al passaggio tra i Monti Lessini e l'alta pianura veronese, che separa zone a tendenza evolutiva diversa. Tale disturbo è stato dedotto da: la presenza nel sottosuolo dell'alta pianura veronese di masse calcaree chiaramente tettonizzate; il percorso anomalo del F. Adige tra Domegliara e San Bonifacio e l'allineamento d'acque termalizzate radioattive (Baraldi et alii, 1980; Panizza et alii, 1981; Sighinolfi et alii, 1982).

Dal confronto con Castellarin (1981), quest'elemento corrisponde ad una faglia subverticale trascorrente sinistra a direzione NW - SE che corre pressappoco secondo l'allineamento Verona - Sant'Ambrogio di Valpolicella - Castion Veronese. Tale struttura potrebbe pure corrispondere alla "Flessura sudalpina" che divide la porzione affiorante delle Alpi meridionali dal loro proseguimento al di sotto dei depositi plio - pleistocenici della pianura padana (ENEL, 1981). Inoltre, il disturbo in oggetto ricade in una "fascia sismotettonica" che è caratterizzata da attività neotettonica e da attività sismica concentrata e recente (Panizza et alii, 1981).

Tra S. Ambrogio e Verona, sulle foto aeree, l'elemento strutturale è evidenziato da: un lungo orlo di terrazzo rettilineo, due gomiti torrentizi, alcune scarpate, una vallecchia e un rilievo isolato a SE di Domegliara; questi indizi sono marcati ma piuttosto radi. Il tratto ad Est di Verona invece è quasi completamente privo d'evidenze morfologiche ad eccezione del rilievo isolato di Caldiero e di un altro di natura basaltica ubicato nei pressi di San Bonifacio (comunicazione orale del dott. Sorbini). Poiché dal confronto con Carraro et alii (1970) e Dal Piaz et alii (1968) l'elemento in oggetto si sovrappone essenzialmente ad alluvioni fluvio-glaciali e fluviali del Pleistocene - Olocene, il rilevamento sul terreno è consistito nel controllo di tutte le sezioni di cava comprese in una fascia di circa 1 km ai lati dell'elemento stesso. I sedimenti esaminati presentavano, ovunque, stratificazioni suborizzontali ed assenza di tracce di tettonizzazione. Non sono stati acquisiti dati significativi nemmeno nell'ambito del controllo dei rilievi isolati.

Tra Parona e Verona, alcune colline appaiono troncate bruscamente in corrispondenza del passaggio della linea. Il controllo nella zona è stato però vanificato dall'intensa urbanizzazione. La zona a NE di S. Ambrogio di Valpolicella si è mostrata invece alquanto interessante, sommariamente, i risultati sono i seguenti: la zona tra Montecio e Cà Verde è interessata da una faglia nota in bibliografia (Cozzaglio, 1933 e 1934a; Castellarin, 1981) e rilevabile sul terreno, che riflette la propria attività quaternaria in numerosi piani di faglia a diverse direzioni, riscontrabili nei conglomerati quaternari di Montecio (Villafranchiani per Penk & Bruckner, 1909, mindelliani per Venzo, 1961).

Un ulteriore elemento, a conferma della presenza e dell'attività della fascia di deformazione in oggetto, è fornito dai dati desunti dalla perforazione del pozzo n. 39 di Verona Est (Sorbini et alii, 1984); ad una profondità di -78 m sul livello attuale del mare vengono ritrovati sedimenti riferibili all'intervallo Riss - Würm (Eemiano). Il fatto che il tetto dei depositi in oggetto si trovi a tale quota, fa ritenere che dal Riss - Würm si sia verificata in questa zona di pianura una notevole subsidenza in considerazione del fatto che, durante questo interglaciale, il livello del mare doveva trovarsi ad un'altezza abbastanza prossima all'attuale. In sintesi, gli approfondimenti relativi all'elemento in oggetto non hanno consentito di chiarire la natura dell'elemento stesso; tuttavia hanno permesso di aggiungere dati che accertano l'attività tettonica nel Pleistocene medio del margine lessineo.

4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati svolti con una sonda autocarrata procedendo alla perforazione con carotiere semplice del diametro nominale di 101 mm e con colonna di rivestimento del diametro nominale di 127 mm. L'utilizzo di fluido di perforazione, acqua senza alcun additivo, è stato limitato ai soli metri terminali di ciascuna perforazione a causa della notevole resistenza degli elementi lapidei costituenti i depositi alluvionali atesini, principalmente ciottoli di grosse dimensioni di natura granitica, gneissica e porfirica. L'utilizzo del fluido di circolazione ha determinato un parziale dilavamento della matrice fine dei depositi.

4.1 PROVE SPT IN FORO DI SONDAGGIO

La prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. Con la prova nei terreni fini viene anche prelevato un campioncino (non indisturbato) del terreno interessato. Se la litologia è preminentemente ghiaiosa, si utilizza una punta conica al posto del campionatore.

La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standardizzate. Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore o della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi - statica per gravità e dopo 150 mm d'infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (NSPT). Messa a punto negli anni venti negli U.S.A., la prova è stata inizialmente razionalizzata e diffusa dalla Raymond Concrete Pile Co. (il campionatore ne porta il nome). In ambito internazionale la sua diffusione inizia nel dopoguerra grazie anche agli studi applicativi del prof. K. Terzaghi. In Italia è stata introdotta all'inizio degli anni 60 ed è diventata parte integrante di tutti i capitolati e specifiche per le indagini geotecniche alla fine degli anni 70 allorché il metodo a rotazione (diametro 100 150 mm) ha definitivamente soppiantato quello a percussione nella esecuzione dei sondaggi. La prova è compresa negli standard ASTM (D.1586-67 - riapprovata nel 1974), oggetto di numerose critiche, al punto da rendere opportuna l'emissione di una revisione (D.1586-84). Ancora più recentemente l'ASTM ha emanato uno standard (D.4633-86) in cui si descrive il metodo di misura di quella parte di energia cinetica, sviluppata da un colpo di maglio, che entra effettivamente nella batteria di aste. Il metodo si presta per la determinazione del rendimento delle varie prove penetrometriche a infissione per battitura. L'Associazione Geotecnica Italiana (AGI) ha incluso la prova SPT nelle Raccomandazioni per le Indagini Geotecniche (1977); la Raccomandazione è più restrittiva dell'ASTM ma non è aggiornata con la misura dell'energia. L'Associazione Geotecnica Internazionale (ISSMFE) ha emesso (ISOPT 1-1988) una Procedura di Riferimento aggiornata, che comprende la taratura del sistema d'infissione mediante la misura dell'energia, analogamente al citato standard ASTM.

5 PONTE DI ARCÈ - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini sul ponte di Arcè si sono svolte in due fasi, la prima svoltasi a partire dal giorno 05.02.2001 per terminare il 16.02.2001, la seconda protrattasi dal 06.03.2001 al 13.03.2001. Nella prima fase di chiusura del ponte, infatti, è stato portato a termine solamente il carotaggio del primo sondaggio, per cui per eseguire i successivi fori si è reso necessario un nuovo periodo di chiusura del ponte. Il dettaglio delle stratigrafie, delle prove S.P.T. effettuate, nonché dei campioni rimaneggiati raccolti è allegato in Appendice.

Una volta chiuso il ponte al traffico, si è provveduto ad allestire il cantiere, iniziando dal sondaggio n.1, ubicato in prossimità di una pila in alveo. Per raggiungere il letto del fiume ed iniziare il carotaggio si sono utilizzati dei rivestimenti telescopici: il primo, di diametro 150mm, aveva la funzione di guida per le aste e dei rivestimenti nelle manovre dal ponte al letto del fiume; il secondo, di diametro 127 mm, è stato invece utilizzato per sostenere il foro di carotaggio. Per coprire la distanza dal piano viabile del ponte sino al letto del fiume sono state utilizzate sette aste, per un totale di 10.5 m di tubo. La perforazione dei terreni, per questo come per tutti gli altri sondaggi, è stata realizzata con un diametro di 101 mm. L'esecuzione di questo sondaggio a carotaggio continuo ha permesso di campionare i terreni fino alla profondità di 20 m dal fondo del fiume.

Per il sondaggio S2, eseguito sotto al ponte in prossimità della spalla lato Arcè nei giorni 6 e 7 Marzo, si è utilizzato un rivestimento di diametro 127 mm a partire dal piano campagna. Il sondaggio ha raggiunto una profondità di 15 m da piano campagna; al termine della perforazione è stato posto in opera un tubo piezometrico, della lunghezza complessiva di 15m, di cui gli ultimi tre fessurati, al fine di misurare l'eventuale presenza di falde sospese o infiltrazioni del corso d'acqua.

Il sondaggio S3 è stato ubicato sul piano stradale della spalla lato Bussolengo, in prossimità della passerella sul canale E.N.E.L. Tale posizione ha influenzato la natura dei materiali carotati, essendo questi costituiti per i primi otto metri circa da elementi grossolani di riporto difficilmente carotabili, tanto che alla profondità di 6.5 m la percentuale di carotaggio è risultata inferiore al 30%. Il carotaggio ha successivamente raggiunto la profondità di 15 m in terreni naturali. Nel foro è stato successivamente installato un piezometro a tubo aperto della lunghezza complessiva di 13.5 m. Il piezometro è stato protetto tramite la posa in opera di un pozzetto di rivestimento.

I terreni indagati sono complessivamente omogenei, essendo caratterizzati dalla presenza di ghiaie poligeniche eterometriche in matrice sabbiosa o sabbioso - limosa; la variazione del diametro degli elementi depositati è funzione dell'energia del trasporto, così come la presenza di matrice fine, che dipende anche dalla presenza di eventuali fenomeni di dilavamento. Relativamente alle misure effettuate ai piezometri non hanno evidenziato livelli freatici apprezzabili.

6 PONTE DI SETTIMO - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini sul ponte di Settimo si sono svolte dal 19.02.2001 al 05.03.2001. Come per il ponte di Arcè, si è iniziata la campagna geognostica con l'esecuzione del sondaggio ubicato in prossimità di una pila in alveo. Per raggiungere il letto del fiume ed iniziare il carotaggio si sono utilizzati anche qui dei rivestimenti telescopici: il primo, di diametro 150mm, con funzione di guida per le aste e dei rivestimenti nelle manovre dal ponte al letto del fiume; il secondo, di diametro 127 mm, per sostenere il foro di carotaggio.

Il carotaggio del primo sondaggio, denominato A1, però, è stato interrotto, dopo numerosi tentativi, alla profondità di 3.00 m dall'alveo, per l'impossibilità del carotiere di avanzare, con un evidente logorio di corone e rivestimenti, non spiegabile con la presenza di terreni naturali. Si ipotizza pertanto di avere intercettato la testa di un palo, come evidenziato anche dalla stratigrafia redatta, che evidenzia il ritrovamento di frammenti di calcestruzzo armati.

A seguito di ciò, la sonda è stata spostata di circa 1 m lato Bussolengo, e si è ripreso il carotaggio. Per coprire la distanza dal piano viabile del ponte sino al letto del fiume sono state utilizzate sette aste, per un totale di 10 m di tubo. La perforazione dei terreni, per questo come per tutti gli altri sondaggi, è stata realizzata con un diametro di 101 mm.

Il carotaggio è stato sospeso a 10.30 m dal fondo dell'alveo, per la presenza di un livello di ciottoli del diametro superiore ai 20 cm, e/o di un livello cementato molto resistente; l'avanzamento del carotiere è stato minore di 1 cm in oltre due ore di perforazione continua con manovre complesse e frequenti sospensioni per sostituzione degli utensili di taglio.

Il dettaglio delle stratigrafie, delle prove S.P.T. effettuate, nonché dei campioni rimaneggiati raccolti è riportato in Appendice.

Il sondaggio B è stato eseguito posizionando la sonda a valle del ponte, lato Bussolengo, su di una pista appositamente preparata dal comune di Bussolengo, nei giorni 28 Febbraio e 1 Marzo. In questo caso si è utilizzato un rivestimento di diametro 127 mm a partire dal piano campagna. Il sondaggio ha raggiunto una profondità di 15 m da piano della pista sopra menzionata.

Per l'allestimento del cantiere del sondaggio C la sonda è stata posizionata sotto alla spalla del ponte, lato Pescantina. Anche in questo sondaggio si è utilizzato solamente il rivestimento di diametro 127 mm, e si è raggiunta con il carotaggio una profondità di 15.0 m dal piano in cui era ubicata la sonda. Nel foro è stato successivamente installato un piezometro a tubo aperto della lunghezza complessiva di 15.0, protetto tramite la posa in opera di un pozzetto di rivestimento.

I terreni indagati sono complessivamente omogenei, essendo caratterizzati dalla presenza di ghiaie poligeniche eterometriche in matrice sabbiosa o sabbioso - limosa; la variazione del diametro degli elementi depositati è funzione dell'energia del trasporto, così come la presenza di matrice fine, che dipende anche dalla presenza di eventuali fenomeni di dilavamento. Relativamente alle misure effettuate al piezometro hanno evidenziato un livello freatico posto alla profondità di 12.50 m dal piano campagna nel periodo d'indagine (Marzo - Aprile 2001).

7 RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

• *Stratigrafia sondaggio S1*

Ciottoli poligenici, diam. di 8,0-9,0 cm, da subarrotondati ad appiattiti, in matrice sabbioso - limosa: Talora elementi subangolosi. Ghiaia poligenica e ciottoli poligenici, diam. 0,5 - 8,0 cm, con sabbia poligenica grossolana; colore nocciola. Ciottoli poligenici, diam. da 6,0 - 7,0 cm a 15,0 - 20,0 cm, e sabbia poligenica e matrice sabbioso - limosa, colore grigio.

Ghiaia poligenica, con sabbia poligenica medio - grossolana.

Ghiaia poligenica, diam. 2,0-6,0 cm, in matrice limoso - sabbiosa; colore rossastro.

Ghiaia poligenica con sabbia poligenica grossolana; colore nocciola. Ghiaia poligenica con sabbia poligenica grossolana; colore nocciola. Ghiaia poligenica, diam. 2,0 - 5,0 cm, in matrice limoso - sabbiosa (sabbia poligenica da fine a media); Ghiaia poligenica con sabbia poligenica da media a fine.

Ghiaia poligenica, diam. max 2,0 cm, in matrice limoso - sabbiosa. Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 7,0 cm e sabbia poligenica medio - fine. Colore grigio - verde passante gradualmente a nocciola chiaro.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5-7,0 cm, in matrice limoso - sabbiosa (sabbia poligenica fine); tracce di argilla nei primi 15 cm; colore grigio. Trovante diam. >10 cm. Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 3,0 cm, in matrice limoso - argillosa colore grigio marrone passante a matrice sabbiosa colore marrone.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5-6,0 cm, in matrice sabbioso - argillosa, talora limosa, con talora sabbia poligenica medio - grossolana; colore marrone - nocciola.

Ghiaia poligenica, con talora elementi diam. > 10,0 cm. Livello molto compatto e resistente alla perforazione.

Ghiaia poligenica. diam. 0,5-3,0 cm, con sabbia poligenica medio - fine; colore marrone.

Ghiaia poligenica, diam. 6,0 -8.0 cm con elementi del diam. > di 8,0- 10,0 cm, in matrice sabbioso - limosa; colore marrone.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5-4.0 cm, in matrice argilloso - sabbiosa, talora prettamente argillosa; colore grigio e grigio scuro.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5-6,0 cm, in matrice limoso - sabbiosa; colore marrone - rossastro.

Sabbia poligenica fine, grigia, con ghiaia poligenica. Talora livelli di ciottoli diam. 5,0-6,0 cm. Sabbia poligenica media, grigia, con ghiaia poligenica, diam. 1,0 - 3,0 cm. Sabbia poligenica fine - grossolana, grigio - marrone, matrice limosa. Talora ghiaia poligenica, diam. 1,0-7,0 cm. Sabbia poligenica fine, grigio scuro, matrice argillosa. Sabbia poligenica fine e media, grigia, matrice argilloso - limosa.

Alteranze di ghiaia poligenica, diam. 0,5-7,0 cm, matrice sabbioso - limosa, con sabbia poligenica fine e media, marrone, e ghiaia poligenica, grigio - rossastra, matrice argilloso - sabbiosa.

- *Stratigrafia sondaggio S2*

Sabbia poligenica fine, matrice leggermente limosa, con qualche ciottolo subarrotondato, diam. 0,2 - 3,0 cm, colore marrone. Materiale di riporto delle piene.

Ghiaia poligenica, diam. 0.2 - 5.0 cm, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore marrone.

Sabbia poligenica fine - grossolana con ghiaia poligenica, diam. 0,5 -3,0 cm, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam.0,2-6,0 cm, matrice sabbioso - limosa. talora matrice limosa o limoso - argillosa, con sabbia poligenica fine - grossolana. colore grigio, grigio - verdastro, nocciola, talora rossastro.

Sabbia poligenica fine - media, con ghiaia poligenica, diam. 0,2 - 3,0 cm e ciottoli diam. > 12,0 cm, colore grigio - verde.

Ghiaia poligenica, con prevalenza di elementi calcarei, diam. 0,5 -4,0 cm prevalentemente subarrotondati, matrice argilloso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore grigio chiaro. A 7,70 ciottolo di porfido diam. > 10,0 cm.

Ghiaia poligenica, diam.0,2-3,0 cm, con elementi diam. 4,0 -8,0 cm, matrice sabbioso - limosa, talora limosa, con sabbia poligenica fine - grossolana. A 8.40 ciottolo calcareo colore grigio. Colore rossiccio, grigio scuro, talora verde - grigio, grigio - viola.

Ghiaia poligenica, diam. 0,2- 8,0 cm, fino a 10 cm, con qualche ciottolo diam. > 10 cm, con sabbia poligenica fine - media, elementi da subarrotondati ad appiattiti, colore grigio, grigio scuro, grigio - nocciola, talora rossastro.

- *Stratigrafia sondaggio S3*

Conglomerato bituminoso

Materiale di riporto costituito da ciottoli, ghiaia poligenica e sabbia poligenica con materiale terroso; percentuale di carotaggio < 40% per presenza di grossi blocchi privi di matrice, poco addensati e dislocati dal rivestimento.

Livelli di calcestruzzo magro alternati a livelli con ciottoli, sabbie e ghiaie poligenici.

Ghiaia poligenica, diam. 0,2 - 7,0 cm, talora ciottoli poligenici diam. > 10 cm, matrice limoso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - media, colore nocciola, grigio - nocciola.

Ghiaia poligenica, diam. 0,2 - 7,0 cm, talora > 10 cm, matrice limoso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore nocciola, grigio - nocciola.

Ghiaia poligenica, diam. 0,2 - 7,0 cm, talora > 10 cm, matrice limoso - sabbiosa, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,2 - 3,0 cm, matrice limoso - argillosa, colore nocciola.

Ghiaia poligenica, diam. 0,2 - 4,0 cm, matrice limoso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore grigio.

- *Stratigrafia sondaggio SA*

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 a 4,0 cm, con elementi di diam. > 10 cm, scarsa matrice limoso - sabbiosa, talora argilloso sabbiosa, con sabbia poligenica fine - media, talora grossolana, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 4 cm, matrice argilloso - limosa; sabbia poligenica fine - media, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 6,0 cm, matrice sabbioso - limosa, talora argilloso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - media, colore grigio.

Sabbia poligenica grossolana con ghiaia poligenica diam. 0,5 - 3,0 cm, matrice argillosa, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 3,0 cm, sabbia poligenica fine - media, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 9,0 cm, matrice sabbioso - limosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,3 - 5,0 cm, matrice sabbiosa medio - fine, talora limosa e rara argilla, colore grigio - nocciola, talora marrone rossiccio. Ciottoli subarrotondati raramente appiattiti.

Ciottolo diam. 10,0 - 15,0 cm.

La perforazione non più proseguire per la presenza di trovanti e ciottoli molto addensati ed estremamente compatti. L'avanzamento è inferiore ad un centimetro in due ore.

- *Sondaggio SA1*

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 10 cm, matrice argilloso - sabbiosa, limosa, con sabbia fine - media, colore grigio.

Ciottoli poligenica, diam. > 12 cm. (materiale molto resistente alla perforazione)

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 3,0 cm, matrice argilloso - sabbiosa, talora limosa; sabbia grossolana; colore grigio, grigio - nocciola.

Materiale in cls con tracce di armatura metallica.

Il sondaggio viene interrotto per impossibilità di avanzare. Si ipotizza di aver intercettata la punta in ferro (o acciaio) di un palo non completamente infisso.

- *Stratigrafia sondaggio SB*

Alternanze di sabbia poligenica fine, colore grigio scuro; ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 4,0 cm, con talora matrice argilloso - limosa, limosa, con sabbia poligenica fine - media, colore marrone; limo compatto, colore marrone scuro; ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 12 cm, con sabbia poligenica da fine a media colore rossastro - marrone; sabbia poligenica fine - grossolana, colore nocciola. Ciottoli > 10 cm.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 7 cm, con sabbia poligenica fine - media, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 3 cm, sabbioso - limosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore nocciola.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 5.0 cm, con sabbia poligenica da fine a media, colore grigio chiaro.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 5 cm, matrice argilloso - limosa, limosa, con sabbia poligenica fine - media, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 12 cm, sabbia poligenica fine - media, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 3.0 cm, talora matrice sabbioso - limosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore nocciola.

Sabbia poligenica fine - grossolana con matrice limoso - argillosa e qualche ciottolino, diam. < 3,0 cm, colore nocciola.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 3.0 cm, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 1,0 cm, matrice limoso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, livelletti limoso - argillosi, colore grigio.

Trovante porfirico, colore rosso marrone.

Sabbia poligenica fine - grossolana con ghiaia, diam. 0,5 - 2,0 cm, matrice limosa, colore grigio, grigio - marrone.

Ghiaia poligenica, diam.0.5 - 6 cm, sabbia poligenica fine - grossolana, colore nocciola.

- *Stratigrafia sondaggio SC*

Sabbia poligenica fine colore nocciola con qualche ciottolo, diam. 0,5-8,0 cm. Materiale di riporto delle piene.

Limo sabbioso con sabbia poligenica fine, colore nero.

Sabbia poligenica fine con matrice limoso - argillosa e ciottoli poligenici, diam. 1-10 cm, colore grigio - marrone.

Ghiaia poligenica, diam.0,5-10 cm, matrice limosa, sabbia fine - grossolana marrone.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 4 cm, matrice limosa, con sabbia poligenica fine - media, colore nocciola. Materiale compatto.

Ghiaia poligenica, diam. 0.5 - 5.0 cm, con sabbia poligenica fine - grossolana, scarsa matrice limosa, colore grigio.

Sabbia poligenica fine - grossolana, pulita, con limo e sabbia poligenica, diam. 0.5 cm.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 7,0 cm, talora matrice sabbioso - limosa o limoso - argillosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5-4,0 cm, matrice limosa, colore grigio chiaro. Livello parzialmente cementato e resistente alla perforazione.

Ghiaia poligenica, diam. 0,5 - 4 cm, matrice argilloso - limosa e limoso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, talora prevalentemente media, colore grigio.

Ciottolo porfirico, colore rossastro.

Ghiaia poligenica, diam.0.2 - 12 cm, matrice limoso - sabbiosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, colore grigio-verde.

Ghiaia poligenica, diam. 0.2 - 4.0 cm, talora matrice limoso - argillosa o limosa, con sabbia poligenica fine - grossolana, talora medio - fine, colore nocciola.

Ciottolo porfirico, colore rossastro.

Ghiaia poligenica, diam.0,2 - 5 cm, matrice limoso - argillosa, con sabbia grossolana, colore nocciola.

Sabbia poligenica fine - grossolana, ciottoli poligenici, diam. 0,2 - 4,0 cm, colore grigio.

Ghiaia poligenica, diam. 1 - 7 cm, matrice limoso - sabbiosa, con sabbia poligenica media - grossolana, rara argilla, ciottoli subarrotondati, colore grigio.

8 PARAMETRIZZAZIONE DEI TERRENI

Dall'analisi dei dati dei sondaggi, delle prove SPT e dal controllo di dati bibliografici, è possibile esprimere alcune valutazioni sulle caratteristiche fondamentali dei terreni individuati nell'area indagata. In sintesi i depositi alluvionali e fluvioglaciali atesini sono costituiti da alternanze di sabbie, ghiaie e ciottoli con talora elementi di grosse dimensioni.

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche fondamentali si considerano delle metodologie basate su correlazioni empiriche e dei metodi numerici di risoluzione.

8.1 NORMALIZZAZIONE DEI VALORI DI N_{SPT}

I valori di N_{spt} da considerare nelle seguenti correlazioni sono quelli normalizzati secondo la seguente espressione, che tiene conto delle pressioni efficaci agenti sullo strato e pertanto della profondità di esecuzione della prova:

$$N'_{SPT} = N_{SPT} \times C_N$$

con $C_N = \frac{1}{\sigma_v^n}$ dove $\sigma_v =$ pressione efficace sullo strato e $n = 0.5 \div 0.56$

Adottando questa relazione si sono ottenuti i seguenti valori di N'_{spt} normalizzati:

Profondità m 7.80 dall'argine del Fiume

$$N_{spt} = 80 \text{ (valore misurato in sito)} \quad N'_{spt} \text{ normalizzati} = 18 \div 21$$

Considerando detti valori di N'_{spt} si sono determinati i seguenti valori dei parametri geotecnici fondamentali; valori riveduti in parte in considerazioni di dati bibliografici per situazioni analoghe.

8.2 RESISTENZA AL TAGLIO

L'angolo di resistenza al taglio del materiale indagato può essere valutato attraverso un metodo di correlazione diretta $N_{spt} - \varphi$. In generale, sono da considerare più attendibili quelli che esprimono φ anche in funzione della pressione efficace σ agente sullo strato.

Road Bridge Specification

Il metodo è valido per sabbie fini o limose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8 - 10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda ($\sigma > 15-20$ t/mq). Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{15 \times N'_{SPT}} + 15^\circ$$

dove N'_{spt} è il valore normalizzato del numero di colpi medio misurato nello strato.

Japanese National Railway

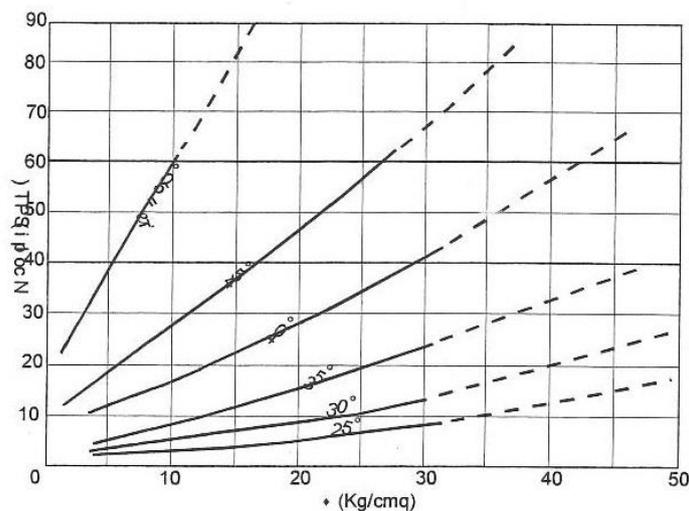
Il metodo è valido per sabbie medie - grosse fino a sabbie ghiaiose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità superiori a 8 - 10 m nel caso di terreni sopra falda e di 15 m per terreni immersi in falda ($\sigma > 15 - 20$ t/mq). Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = (0.3 \times N'_{SPT}) + 27^\circ$$

dove N'_{spt} è il valore normalizzato del numero di colpi medio misurato nello strato.

De Mello

Il metodo di De Mello è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). È da considerarsi inattendibile però per valori di φ superiori a 38° . In figura è riportato il grafico della correlazione di De Mello.



Owasaki & Iwasaki

Il metodo è valido per sabbie da medie a grossolane fino a debolmente ghiaiose. Anche questo metodo trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8 - 10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda ($\sigma > 15 - 20$ t/mq). Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{20 \times N'_{SPT}} + 15^\circ$$

dove N'_{spt} è il valore normalizzato del numero di colpi medio misurato nello strato.

Altri metodi non sono stati considerati per l'inattendibilità delle risposte in relazione alle tipologie di terreni indagati.

Da quanto sopra esposto e da considerazioni relative a dati bibliografici per situazioni analoghe si è ottenuto che:

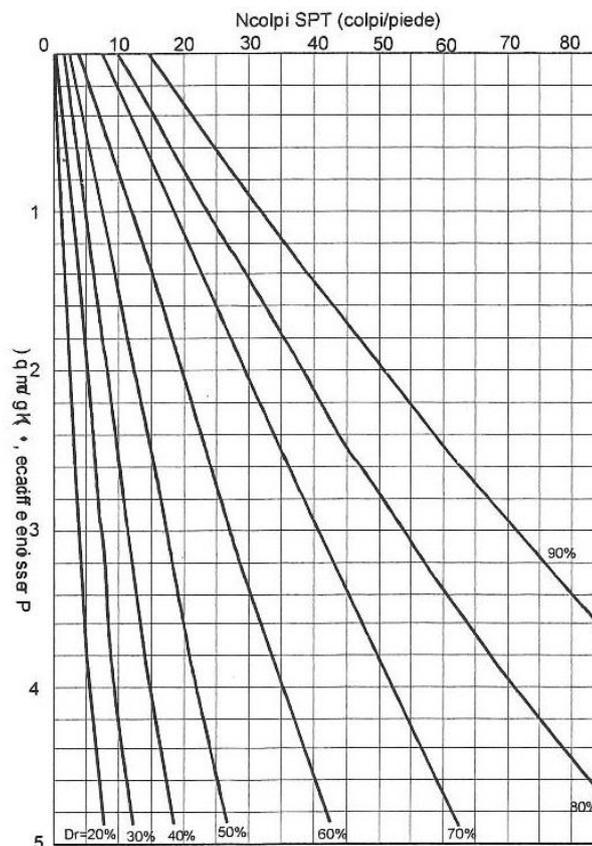
$$\varphi = 31^\circ \div 35^\circ$$

8.3 DENSITÀ RELATIVA

La densità relativa è valutata attraverso correlazioni applicabili solo nel caso di terreni prevalentemente sabbiosi. In presenza di depositi ghiaiosi si ottengono valori eccessivamente elevati e quindi a sfavore della sicurezza: in questo caso si consiglia di adottare il valore più basso fra quelli calcolati con metodi differenti.

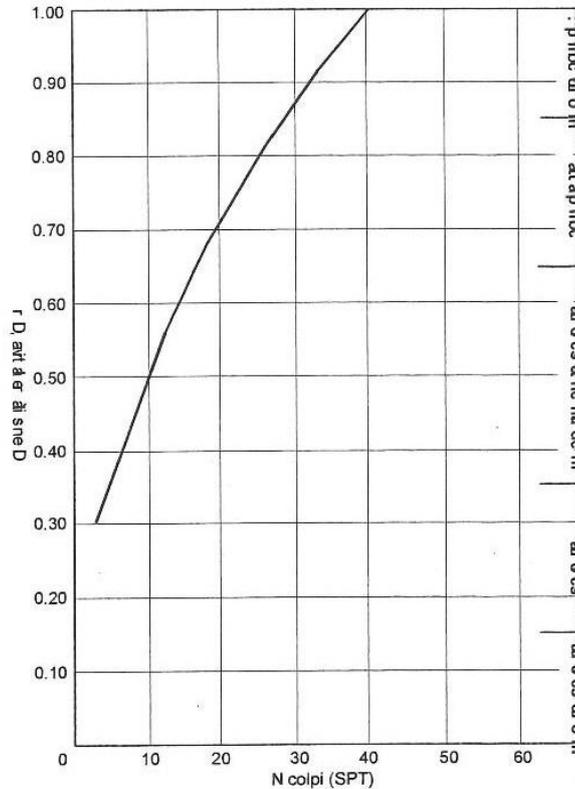
Gibbs & Holtz

Il metodo di Gibbs & Holtz (1957) è valido per le sabbie da fini a grossolane pulite, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di D_r (%) viene sovrastimato, nel caso di depositi limosi viene sottostimato. Il metodo fornisce generalmente valori in eccesso rispetto agli altri, nei primi metri di approfondimento della prova.



Schultze & Mezembach

Il metodo di Schultze & Mezembach (1961), riportato in Figura, è valido per le sabbie da fini a ghiaiose, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di D_r (%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato.



Skempton

Il metodo è valido per le sabbie da fini a grossolane, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di D_r (%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato. Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$D_r = \sqrt{\frac{N'_{SPT}}{32 + 0.288 \times \sigma}};$$

dove σ è la pressione efficace in Kg/cm²; e N'_{spt} è il valore normalizzato del numero di colpi medio misurato nello strato.

Altri metodi non sono stati considerati per l'inattendibilità delle risposte in relazione alle tipologie di terreni indagati.

Considerando i valori di N'_{spt} normalizzati si sono determinati i seguenti valori di densità relative D_r , valori riveduti in parte in considerazioni di dati bibliografici per situazioni analoghe:

D_r 65% ÷ 75%

9 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI E CONSIDERAZIONI SULLA TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI

In sintesi i terreni indagati si possono classificare come alternanze di ghiaie e ciottoli poligenici, da centimetrici a pluridecimetrici, con sabbie fini e medie prevalenti e talora presenza di frazione limoso - argillosa o prevalentemente limosa.

Peso di volume naturale	γ	1.85 t/m³
Peso specifico	γ_s	2.60 t/m³
Angolo d'attrito	φ	31° ÷ 35°
Coesione non drenata	Cu	0.00 t/m²
Densità relativa	Dr	65% ÷ 75%

I materiali indagati hanno caratteristiche geotecniche buone per fondazioni di tipo diretto. Mentre non risultano assolutamente idonei per fondazioni indirette del tipo di pali infissi, a causa dell'impossibilità di infissione del palo in materiali con tale granulometria ed addensamento.

Tali caratteristiche sono ben evidenziate dalle risultanze delle prove SPT e dalle difficoltà di esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo. Inoltre, si rammenta che nel corso dell'esecuzione del sondaggio SA1, sul Ponte di Settimo, si è riscontrata la presenza a piccola profondità, inferiore ai 3.00 m, di parte di un palo parzialmente infisso e non utilizzato per la fondazione.

I dati progettuali dei due ponti evidenziano che sono stati previsti pali infissi di lunghezza di 7.00 m per le spalle e di 9.00 m per le pile. A seguito dell'esecuzione di prove non distruttive sulle teste di alcuni pali si è evidenziato che tali lunghezze non state rispettate, questo a ulteriore conferma di quanto riscontrato nella campagna geognostica. Le indagini, di tipo dinamico, sono riportate in Appendice F; si evidenzia che la lunghezza misurata dei pali (cfr. cap. 4.2.2.) "è diversa da quella di progetto, con differenze anche molto rilevanti".

La presente relazione geologica è stata redatta e firmata per conto del comune di Pescantina in data 4-5-2001 (prot.com. 9668) da:

dott. Geol. Paolo Chioatto

dott. Geol. Silvia Daleffe