



# COMUNE DI CASTEL MAGGIORE

CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

## LAVORI DI ADEGUAMENTO DI VIA BONDANELLO DAL CAPOLUOGO FINO ALLA SP 87 "NUOVA GALLIERA" E PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA PISTA CICLOPEDONALE - CUP G74E20000010001 - CIG 8312608520 - CIG DERIVATO 8431586CDE

### PROGETTO DEFINITIVO

#### PROGETTISTI:

##### Raggruppamento Temporaneo di Professionisti:

Ing. Emilio Olivieri  
Via delle More, 4  
40137 Bologna  
tel +39 329 7430066  
emilio.olivieri@hotmail.it

Ing. Stefano Marzadori  
Via E. Mattei, 14  
40054 Budrio (BO)  
tel +39 051 802601  
marzadoristefano@grandesole.it

Arch. Francesco Maria Mastandrea  
Via G. Marconi, 86  
70054 Giovinazzo (BA)  
tel +39 348 1440034  
francescomastandrea@libero.it

#### COORDINATORE DELLA SICUREZZA

Ing. Vanessa Venturelli  
Via Minardi, 3  
48018 Faenza (RA)  
tel +39 347 0168707  
vanessa.venturelli@yahoo.it

#### GEOLOGO

Dr. Geol. Giovanna Giordani  
Viale G. Gozzadini, 11/2  
40124 Bologna  
tel +39 335 6562298  
geol.giovanna.giordani@gmail.com

#### COMMITTENTE:

Comune di Castel Maggiore  
Via G. Matteotti n. 10  
40013 Castel Maggiore (BO)

#### IL SINDACO:

Belinda Gottardi

RESPONSABILE UNICO  
DEL PROCEDIMENTO:  
Geom. Lucia Campana

ELABORATO N.

**RG**

Relazione  
geologico-geotecnica

#### DATA:

GIU. 2021

#### SCALA:

-

#### AGGIORNAMENTI

Data			
Tecnico			

Sostituisce dis.:

Sostituito da:

Comune di Castel Maggiore (BO)

STUDIO GEOLOGICO TECNICO DEI TERRENI DEL PRIMO SOTTOSUOLO DI UN'AREA SITA NEI PRESSI DI VIA BONDANELLO, SULLA QUALE E' IN PROGETTO L'ADEGUAMENTO DELLA STRADA DAL CAPOLUOGO FINO ALLA S.P. 87 E PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA PISTA CICLABILE.



4 Febbraio 2021

## INDICE

1. PREMESSA	pag. 3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	pag. 5
3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE	pag. 6
4. INDAGINE GEOGNOSTICA	pag. 10
5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DEI TERRENI	pag. 12
6. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO	pag. 13
7. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITA' GEOTECNICHE	pag. 14
8. LAVORI IN PROGETTO	pag. 16
9. CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI IN CONDIZIONI STATICHE	pag. 21

## ALLEGATI:

- *certificati penetrometrie statiche con punta meccanica;*
- *diagrammi penetrometrie statiche con punta meccanica;*
- *stratigrafie trivellazioni a secco;*
- *analisi di laboratorio di tipo geotecnico.*

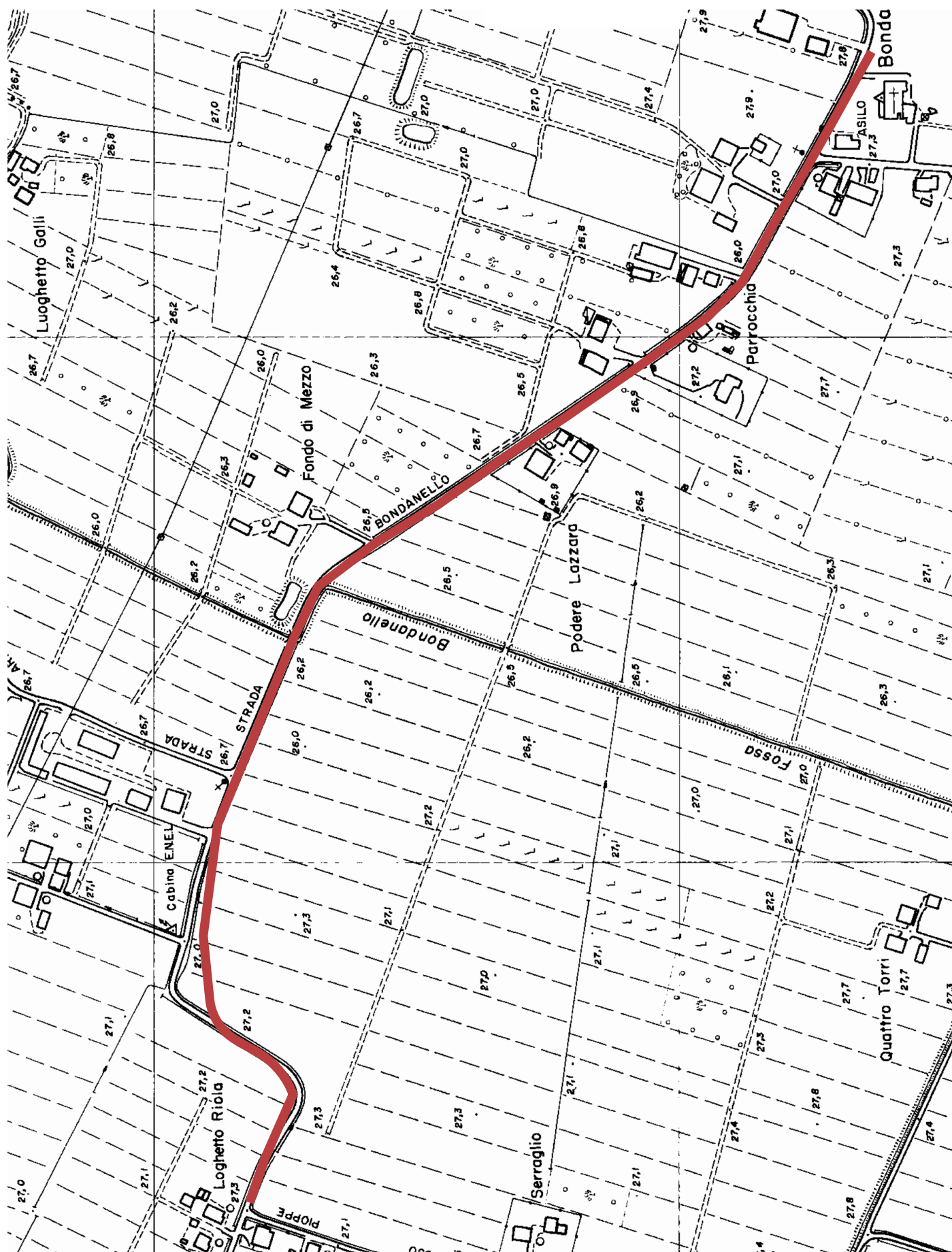
## 1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dal Comune di Castel Maggiore, tramite l'R.T.P. Olivieri (Ing. Emilio Olivieri – Ing. Stefano Marzadori – Arch. Francesco Mastandrea – Ing. Vanessa Venturelli – Geol. Giovanna Giordani), si trasmette, in conformità con le normative vigenti, il seguente studio geologico tecnico dei terreni del primo sottosuolo relativo all'adeguamento di via Bondanello dal capoluogo fino alla S.P. 87 e per la realizzazione di una nuova pista ciclabile.

L'area in esame si ubica lungo la via Bondanello, in comune di Castel Maggiore (BO) (TAV. 1: estratto C.T.R. Scala 1:5.000; elemento n. 221014 – Castel Maggiore), coord.ED50: inizio tracciato: Lat 44.58387 - Lng 11.35797, fine tracciato: Lat 44.58792 - Lng 11.34740.

Il presente studio è stato articolato nei seguenti punti:

- a) analisi e descrizione della situazione morfologica e geo-litologica generale;
- b) determinazione della natura dei terreni costituenti il primo sottosuolo;
- c) determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche degli stessi;
- d) caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica del sito;
- e) prescrizioni a carattere geotecnico relative alle opere in progetto.



Dott. Geol. Giovanna Giordani - viale G. Gozzadini, 11/2 40124 Bologna

tel. 335 6562298 P.I. 02320801208 c.f. GRDGN74D59A944K

geol.giovanna.giordani@gmail.com

[www.giovannagiordani.it](http://www.giovannagiordani.it)

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- "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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". D.M. 11 Marzo 1988.
- Istruzioni relative alle "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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL. PP. n. 30483, 24 Settembre 1988.
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria).
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, Settembre 1988.
- ISRM International Society for Rock Mechanics: Rock characterization testing and monitoring suggested methods - Commission on Testing Methods; 1981.
- "Norme tecniche per le costruzioni". D.M. 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/08, supplemento ordinario n. 30).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 617/2009.
- Aggiornamento NTC del 17/01/2018, Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 Febbraio 2018.
- Delibera dell'Assemblea legislativa Regione Emilia Romagna progr. N. 112 – oggetto n. 3121 del 2 maggio 2007.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. n. 1661/2009 del 2 Novembre 2009.
- Ordinanza del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 70 del 13/11/2012
- "Raccomandazioni per la Redazione della Relazione Geologica ai sensi delle N.T.C." a cura del centro studi del C.N.G..
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. n. 2193/2015 del 21 dicembre 2015.

### 3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE

L'area in esame è compresa in una fascia a modestissimo gradiente topografico che caratterizza la media Pianura Padana, caratterizzato da leggere ondulazioni che degradano progressivamente verso Nord.

Più esattamente il tracciato oggetto di studio si ubica ad una quota compresa fra 26,20 m e 27,20 m s.l.m., e partendo dalla fascia Ovest e Sud/Ovest dell'abitato di Castel Maggiore in prossimità della Chiesa di Bondanello, prosegue verso Ovest attraversando la S.P. 87 Nuova Galliera, detta anche Trasversale di Pianura.

La zona di Pianura è caratterizzata dalla presenza di numerosi corsi d'acqua, per i quali rotte e tracimazioni sono un fenomeno ricorrente che crea le condizioni per modifiche e divagazioni dell'alveo, dando origine a deposizioni orizzontali di materiali terrigeni. Oltre a ciò la subsidenza naturale della Pianura Padana determina il giustapporsi di successivi corpi di alveo con deposizioni in senso verticale. La concomitanza di detti fenomeni dà origine a paesaggi moderatamente ondulati, con l'intrecciarsi di lenti sabbiose - corrispondenti a corpi d'alveo sepolti (argini naturali) e di sedimenti a tessitura fine, determinati dai riempimenti dei bacini interfluviali di esondazione.

La litologia del primo sottosuolo, come segnalato nella Carta Geologica della Regione Emilia - Romagna (di cui di seguito si riporta uno stralcio), è caratterizzata prevalentemente dal Subsistema di Ravenna (**AES8**) e dell'Unità di Modena (**AES8a**), ovvero ghiaie, sabbie, limi ed argille variamente intercalate fra loro.

Relativamente alle tavole del P.T.C.P. della Provincia di Bologna, nella TAV. 2A "Rischio da frana, assetto versanti e gestione delle acque meteoriche" l'area in esame risulta "ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura" e quindi soggetta all'art. 4.8.

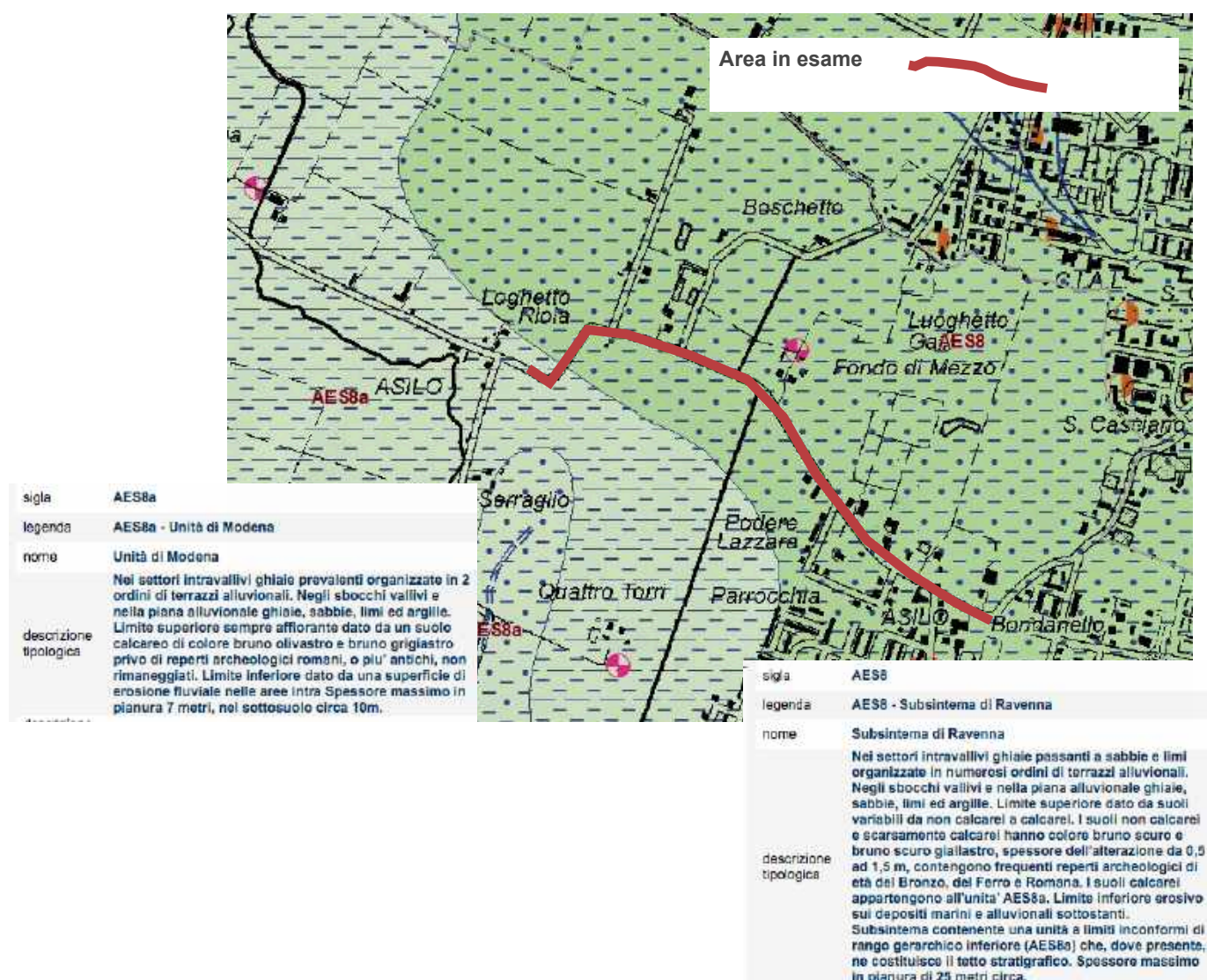
Nella TAV. 2B relativa alla "Tutela delle acque superficiali e sotterranee", l'area in esame non è classificata, mentre nella TAV. 2C relativa al "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali", risulta classificata come "L1", ovvero area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione.

L'idrografia primaria risulta rappresentata dal Fiume Reno e dal Canale Navile, che sviluppano il proprio corso rispettivamente ad Ovest e ad Est dell'area in esame con andamento Sud/Nord, entrambi a distanza maggiore di 1.000 m, mentre quella secondaria da fossi di scolo prevalentemente di origine artificiale (Fosso Bondanello, Scolo Riolo), che vanno ad alimentare gli assi idrografici principali.

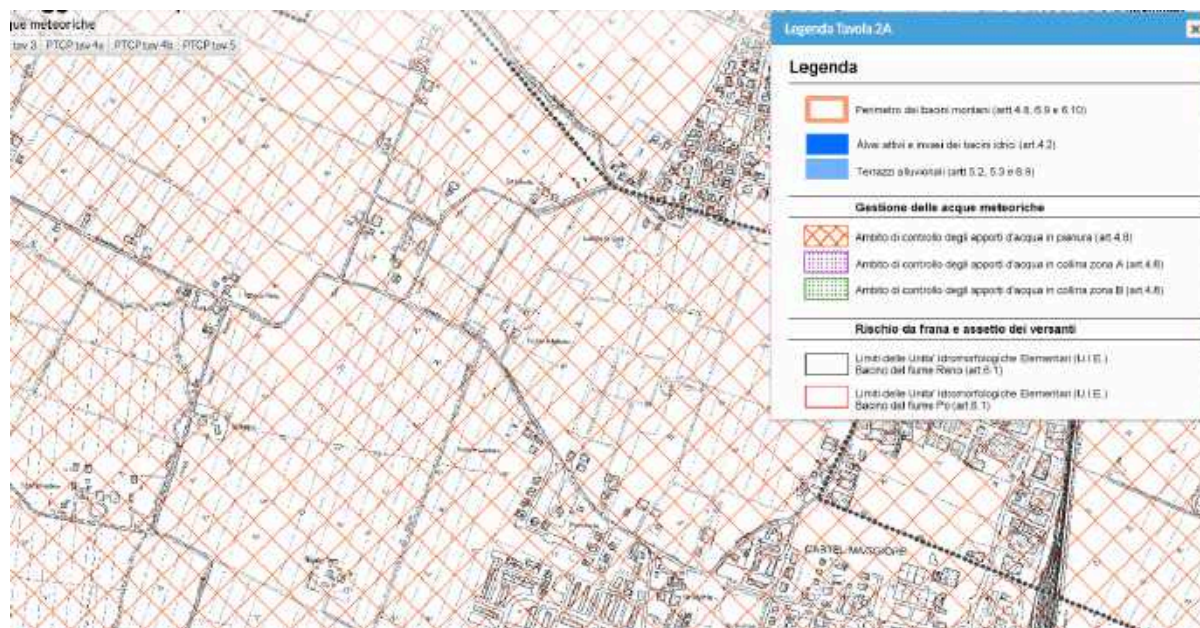
Dal punto di vista idrogeologico, il sottosuolo è sostanzialmente caratterizzato da una successione di depositi sedimentari di età quaternaria (sabbie, limi e argille) che danno luogo ad una serie idrologica costituita da unità permeabili (acquiferi) separate da livelli impermeabili, con locale scarsa continuità laterale e verticale, sulla base della diversa permeabilità.



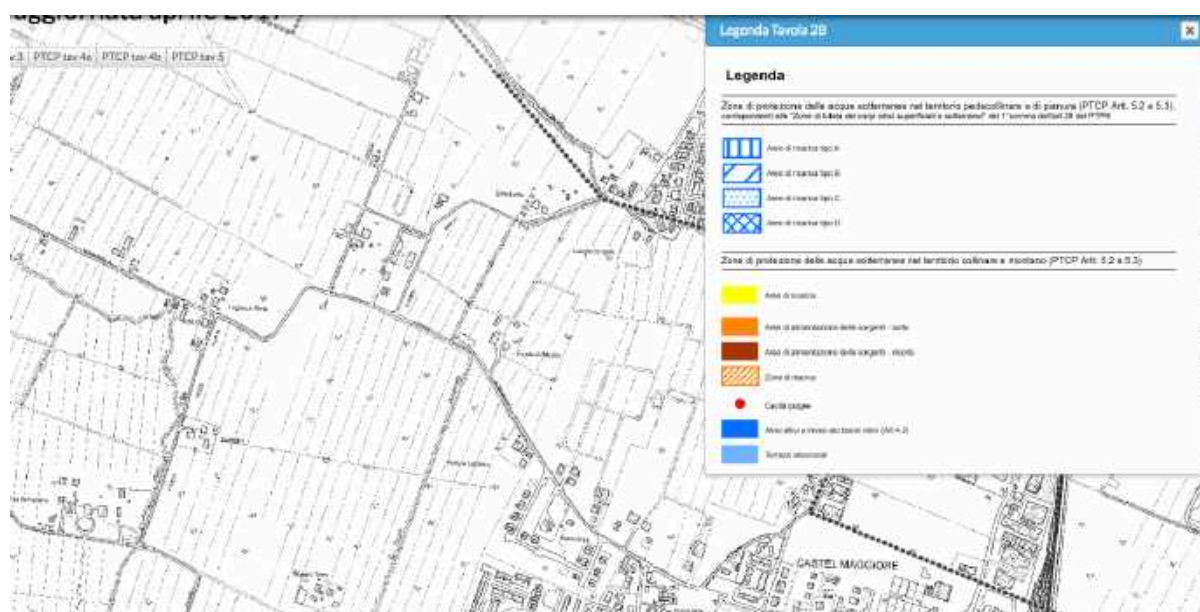
## TAV. 2 - CARTA GEO-LITOLOGICA



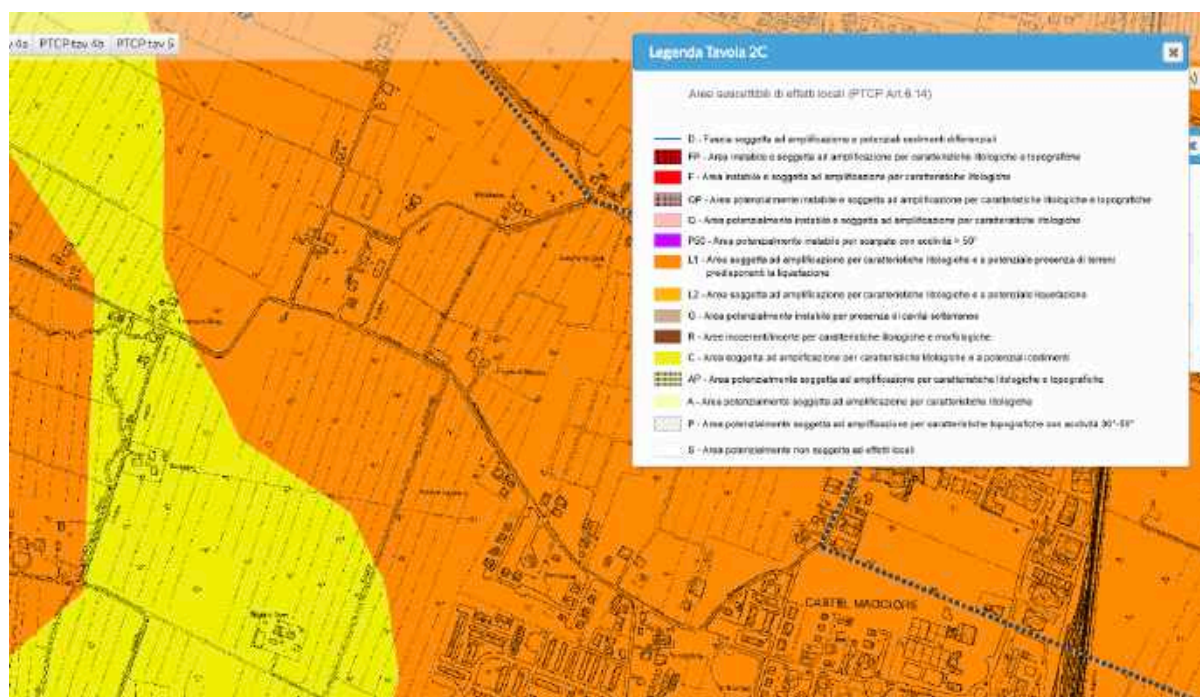


**ESTRATTI TAVV. 1A, 1B e 1C del P.T.C.P.**

Estratto TAV. 2A del P.T.C.P.



Estratto TAV. 2B del P.T.C.P.



Estratto TAV. 2C del P.T.C.P.

#### 4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Nell'area interessata dall'intervento, allo scopo di verificare la successione stratigrafica che caratterizza i terreni del primo sottosuolo e valutare le caratteristiche fisico meccaniche degli stessi, è stata condotta un'indagine geognostica in sito.

##### 4.1 – Indagine geognostica in sito

L'indagine geognostica in sito è consistita nell'esecuzione di n. 2 penetrometrie statiche con punta meccanica (CPT), che rispetto al p.c. attuale hanno raggiunto la profondità di 6,00 m dal p.c. attuale.

I punti di indagine, compatibilmente all'accessibilità dei luoghi e alla presenza di utenze sotterranee, sono stati posizionati per essere rappresentativi di quanto in progetto; l'esatta ubicazione degli stessi viene riportata di seguito nella TAV. 3.

Il penetrometro statico utilizzato (montato su cingolato Pagani TG63 di proprietà della Geo-Probe S.r.l.), con cella di carico da 200 kN, impiega una punta conica con apertura di 60° e superficie di 10 cm<sup>2</sup> per la misurazione della resistenza alla punta ed un manicotto di frizione (*friction jacket*) della superficie di 150 cm<sup>2</sup> per la misurazione dell'attrito laterale locale (punta meccanica tipo *Begemann*).

I risultati delle penetrometrie statiche vengono rappresentati in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove viene riportato il valore qc (resistenza alla punta), il valore fs (resistenza attrito laterale locale), espressi rispettivamente in MPa e kPa, ed il rapporto Rf che orientativamente ci permette una classificazione dei terreni attraversati (*Schmertmann J.H.*, 1978).

Le suddette letture vengono eseguite per avanzamenti di 20 cm.

Nel corso dell'indagine geognostica, in particolare in corrispondenza del punto CPT 1, mediante aste elicoidali del diametro di 65 mm mosse da propulsore idraulico montato sul mezzo cingolato, è stato prelevato un campione di terreno disturbato successivamente analizzato da punto di vista geotecnico da parte del Laboratorio Geotecnico del Dott. Geol. Antonio Mucchi, con la determinazione di:

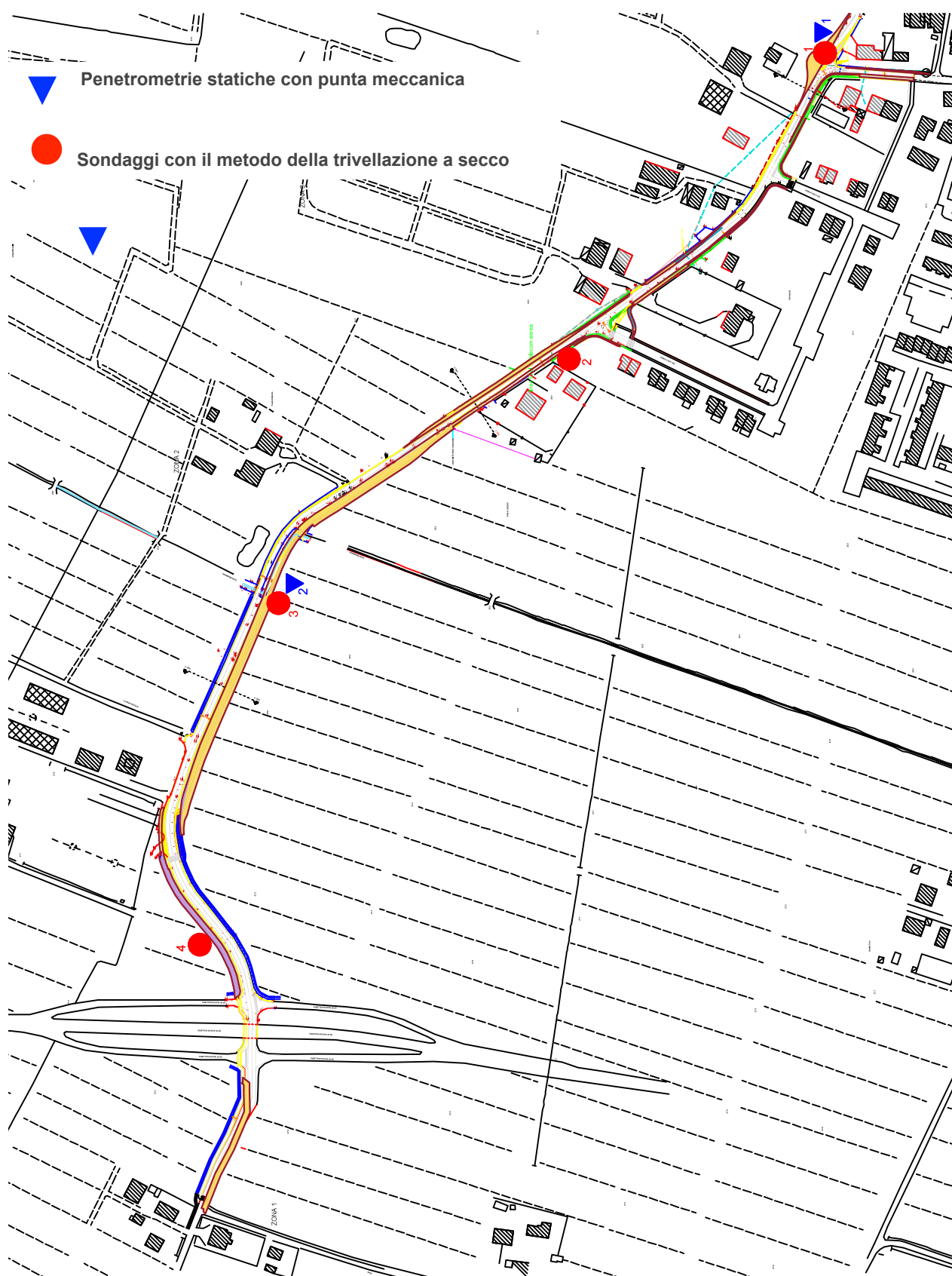
- a) classificazione Norma UNI 11531-1 (ex UNI 10006);
- b) analisi granulometrica per sedimentazione (A.S.T.M. D422, A.G.I. 1994);
- c) determinazione dei Limiti di Atterberg (A.S.T.M. D4318);
- d) prova di penetrazione California Bearing Ratio C.B.R. (UNI EN 13286-47).

I risultati delle analisi di laboratorio vengono riportate in allegato negli appositi moduli.



TAV. 3- UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA

Scala 1:5000



## 5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

L'indagine geognostica eseguita ci consente di ricostruire con discreta precisione la litologia del primo sottosuolo e di valutare le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati.

Schematicamente possiamo ricostruire la seguente successione stratigrafica:

Al tetto, al disotto di un orizzonte di terreno di alterazione superficiale dello spessore variabile da 0,60 m a 1,20 m, sono inizialmente presenti dei limi argillosi e/o localmente sabbiosi di colore nocciola, di consistenza plastico molle - plastico tenera ( $q_c = 0,3 \div 1,0$  MPa;  $R_f = 3,3 \div 6,6$  %), che risultano raramente interrotti da orizzonti sabbioso limosi di addensamento scarso ( $q_c = 1,1 \div 2,3$  MPa;  $R_f = 1,8 \div 2,2$  %).

I suddetti terreni, che si evidenziano sino alla profondità variabile da 4,00 m a 5,00 m, risultano preceduti, in corrispondenza della fascia Nord/Ovest (CPT 2) da una lente argilloso limosa di consistenza plastica ( $q_c = 1,1 \div 1,4$  MPa;  $R_f = 4,4 \div 5,0$  %) dello spessore di 0,40 m circa.

Il campione disturbato prelevato è risultato costituito da limo (48% del peso totale) con sabbia (27% del peso totale) argillosa (25% del peso totale), con contenuto naturale in acqua pari al 20% (tipico di un terreno sabbioso), di consistenza semisolido ( $I_c = 1,10$ ), plasticità media ( $I_p = 29,00$ ) e di compressibilità medio elevata ( $LL = 52$ ),.

Secondo la carta di plasticità (A. Casagrande), si tratta di argille inorganiche di alta plasticità (CH), posizionandosi il campione nella zona con  $LL$  maggiore di 50 e al disopra della retta di equazione:  $I_p = 0,73 (WL - 20)$ .

Relativamente alla prova di penetrazione C.B.R., il risultato ottenuto, pari a 22, ha evidenziato come i terreni siano mediamente buoni come sottofondo stradale, ed essendo il valore  $>10$ , potrebbero essere utilizzati tal quale senza eccessive aggiunte di acqua e calce.

Sotto, e sino alla profondità indagata, si riscontrano limi argillosi e/o sabbiosi di consistenza da plastica ( $q_c = 1,0 \div 1,9$  MPa;  $R_f = 5,4 \div 6,6$  %) a plastico dura ( $q_c = 2,0 \div 2,6$  MPa;  $R_f = 4,1 \div 6,0$  %), che in corrispondenza della fascia Est (CPT 1) risultano intercalati a sottili lenti sabbioso limose di addensamento ( $q_c = 1,9 \div 2,6$  MPa;  $R_f = 1,9 \div 2,3$  %).

Al termine dell'indagine, all'interno dei fori di prova, è stata evidenziata la presenza di una falda freatica di superficie in leggera pressione, il cui livello statico è stato misurato, a fine indagine, alla profondità di circa 1,10 m dal p.c. attuale; è presumibile che la reale soggiacenza sia ubicata a partire dalla profondità di circa 1,50-2,00 m dal p.c. attuale.



## 6. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

La caratterizzazione geotecnica del sito viene fatta ricostruendo un modello in termini di unità geotecniche del volume significativo del terreno inteso come la parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

Ciascuna unità geotecnica (U.G.) è ottenuta correlando i dati stratigrafici e i dati di resistenza misurati nel corso dell'indagine geognostica e delle prove di laboratorio di tipo geotecnico in modo da suddividere il volume significativo in elementi omogenei, indicati nella tabella successiva.

U.G.	Profondità m da p.c.		Litologia prevalente	qc (MPa)	gamma (kN/mc)	Cu (kPa)	phi (°)	Dr (%)
	da	a						
0	0,00	0,60-1,20	ALT	-	-	-	-	-
A	0,60-1,20	1,50-2,00	LAS	0,8÷1,4	19,0-19,1	40-70	-	-
A1	1,50-2,00	4,00-5,00	LAS	0,3÷1,1	8,9-9,0	15-55	-	-
B	4,00-5,00	fine IG	LSA	1,0÷2,6	9,0-9,2	50-121	-	-

ALT = terreno di alterazione superficiale;  
 LAS = limi argillosi e/o sabbiosi;  
 LSA= limi sabbiosi e/o argillosi.

## 7. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è stato possibile suddividere il volume significativo di terreno in unità geotecniche, delle quali di seguito, vengono definiti i parametri geomeccanici.

### Unità geotecnica 0

È costituita da terreni di alterazione superficiale e si evidenzia sino ad una profondità di 0,60-1,20 m dal p.c. attuale.

### Unità geotecnica A

È costituita da limi argillosi e/o sabbiosi di consistenza plastico molle - plastico tenera a ed umidità presumibilmente da scarsa a elevata al letto dell'intervallo.

L'unità A si evidenzia dalla profondità di 0,60-1,20 m sino alla profondità media di 1,50-2,00 m circa, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella:

Verticale	qc (MPa)	gamma (kN/mc)	Cu (kPa)	phi (°)
CPT 1	0,9	19,0	45	0
CPT 1	0,6	19,0	30	0

### Unità geotecnica A1

È costituita da limi argillosi e/o argille limose di consistenza plastico dura, in totale saturazione idrica dalla profondità presunta di 1,50-2,00 m.

L'unità A1 si evidenzia dalla profondità di 0,80-1,00 m sino alla profondità media di 2,40 m circa, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella:

Verticale	qc (MPa)	gamma (kN/mc)	Cu (kPa)	phi (°)
CPT 1	0,5	8,9	25	0
CPT 2	0,5	8,9	25	0

### Unità geotecnica B

È costituita da limi argillosi e/o sabbiosi di consistenza plastica - plastico dura in totale saturazione idrica.

L'unità B si evidenzia dalla profondità di 4,00-5,00 m, sino alla profondità indagata, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella:

Verticale	qc (MPa)	gamma (kN/mc)	Cu (kPa)	phi (°)
CPT 1	1,6	9,1	80	0
CPT 2	2,1	9,1	104	0

## 8. LAVORI IN PROGETTO

Si tratta dell'ampliamento della sede stradale di via Bondanello nel tratto compreso fra la Chiesa di Bondanello e il toponimo "Loghetto Riola", mediante la realizzazione di un ampliamento della sede stradale in corrispondenza dei tratti denominati da progetto "Zona 1", "Zona 2" e "Zona 3" per rispettivamente allargamenti compresi fra 2,40 m e 3,57 m. Relativamente agli spessori, si prevede un pacchetto complessivo di circa 0,75 m, costituito da un aggregato di fondazione dello spessore di 40 cm, ricoperto da uno strato misto cementato di spessore di circa 20 cm, a supporto di un binder di spessore di 11 cm, ricoperto a sua volta dal tappeto di usura di spessore di 4 cm.

Il progetto consta anche nella realizzazione, lungo l'intero tratto oggetto di intervento, di una pista ciclabile in aderenza alla sede stradale per complessivi 2,50-3,00 m di larghezza, e ove necessario, l'adeguamento dei fossi esistenti alla situazione di progetto.

La pista ciclabile presenta uno spessore complessivo di 60 cm, rappresentato in profondità da un aggregato di riciclo come fondazione dello spessore di 35 cm, a supporto di uno strato di graniglia per 4 cm, rivestito di betonelle in cls autobloccanti per uno spessore di 6 cm.

In corrispondenza della fascia compresa nell'intorno della sezione 3 di progetto verrà posto in opera uno scatolare in c.a. prefabbricato attestato alla profondità indicativa di 3,00 m dal p.c. attuale, allo scopo di permettere l'attraversamento delle acque dello Scolo Bondanello.

Il progetto non prevede sostanziali variazioni della morfologia originaria, pertanto il p.c. fine lavori corrisponderà approssimativamente a quello attuale.

L'indagine geognostica ha evidenziato come i terreni del primo sottosuolo, al disotto di un orizzonte di terreno di riporto e/o di alterazione dello spessore medio di 0,60-1,20 m, risultano rappresentati da argille limose e/o viceversa di consistenza generalmente plastico molle - plastico tenera e localmente plastica sino alla profondità di circa 4,00-5,00 m; i terreni risultano interessati dalla presenza di una falda freatica in leggera pressione a partire dalla profondità di 1,10 m, sebbene sia più presumibile che il livello statico si attesti alla profondità di almeno 1,50 m.

In considerazione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni del primo sottosuolo e della tipologia di intervento, si ritiene che quanto in progetto possa ritenersi generalmente valido.

Di seguito vengono considerati i singoli interventi.

### a) Ampliamento stradale e realizzazione di pista ciclabile

Il pacchetto stradale di progetto risulta costituito dai seguenti pacchetti:

#### 1) strato di usura

Lo strato di usura, più superficiale ed esposto agli agenti atmosferici, realizzato in conglomerato bituminoso, sopporta carichi e sollecitazioni a compressione, flessione e taglio, offre aderenza e funge da impermeabilizzazione degli strati sottostanti.

Gli inerti che lo compongono devono presentare le seguenti caratteristiche:

- coefficiente Los Angeles < 20%;
- indice dei vuoti < 0.80;
- coefficiente di imbibizione < 0.015;
- resistenza a compressione > 1400 Kg/cm<sup>2</sup>;
- resistenza all'usura > 0.60;
- frazione grossa di natura basaltica o porfirica pari almeno al 30% del totale;
- L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino deve avere un valore maggiore del 55%;
- l'additivo deve essere costituito o da polvere di rocce calcaree o da cemento.

Il legante è il bitume con indice di penetrazione pari a 60÷70 dmm. La miscela deve contenere una percentuale di bitume pari a 4.5÷6% ed avere una permeabilità pari a  $k=10-6$  cm/s. La prova Marshall ( 75 colpi) deve fornire i seguenti risultati:

- stabilità > 1000 Kg;
- rigidità > 300 Kg/mm;
- % vuoti: 3÷6%;
- stabilità dopo immersione per 15gg > 75% rispetto al valore originale.

La percentuale di vuoti del conglomerato bituminoso per lo strato di usura a fine rullatura deve essere compresa tra il 4÷8%, dopo un anno di vita utile della pavimentazione tra il 3÷6%.

## 2) Strato di collegamento (binder)

Esso funge da collegamento fra lo strato di usura sopra descritto e lo strato di base, ed è costituito da inerti con le seguenti proprietà:

- coefficiente Los Angeles < 25%;
- indice dei vuoti < 0.80;
- coefficiente di imbibizione < 0.015.

L'equivalente in sabbia, gli additivi utilizzati e l'indice di penetrazione del bitume utilizzato sono gli stessi dello strato di usura. La percentuale di bitume della miscela deve essere pari a 4÷5.5%. La prova Marshall (75 colpi ) deve fornire i seguenti risultati:

- stabilità > 900 Kg;
- rigidità > 300 Kg/mm;
- % vuoti: 3÷7%;
- stabilità dopo immersione per 15gg > 75% rispetto al valore originale.

## 3) Strato di base

Ha la funzione di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dai veicoli e di avere un'adeguata flessibilità per resistere, sotto gli stessi carichi, a qualunque eventuale assestamento del sottofondo, deve resistere ai fenomeni di fatica, all'ormaiamento e, prevalentemente, alle sollecitazioni di trazione. E' costituito da conglomerato bituminoso. Gli inerti devono avere un coefficiente Los Angeles < del 25%,



l'equivalente in sabbia deve essere <50% e l'additivo è costituito dal 90% del passante al setaccio UNI 0.18 e UNI 0.075. Il bitume ha le stesse proprietà di quello utilizzato negli strati superficiali. La percentuale di bitume all'interno della miscela deve essere il 3.5÷4.5%.

Le caratteristiche finali della miscela devono conferire i seguenti valori:

- stabilità > 700 Kg;
- rigidità > 250 Kg/mm;
- % vuoti: 4÷7%.

#### 4) Strato di fondazione

Ha due funzioni principali: ripartire i carichi sul terreno e fungere da filtro per evitare la risalita di particelle fini. E' composto da stabilizzato granulometrico cioè da una miscela di aggregati lapidei eventualmente corretta con l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. Il misto granulare è costituito da aggregati grossi e fini, che devono presentare le seguenti caratteristiche:

- dimensioni minori a 7.1 cm;
- forma regolare, né piatta né lunga;
- coefficiente Los Angeles < 30%;
- equivalente in sabbia  $25 < ES < 65$ ;
- indice di portanza CBR dopo quattro giorni di imbibizione (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) deve essere maggiore di 50;
- indice plastico IP = 0;
- rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3.

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

La stesa viene effettuata attraverso motograder appositamente equipaggiati. A lavoro ultimato il peso dell'unità di volume della parte solida  $\gamma_s$  deve essere maggiore del 95% del peso dell'unità di volume massimo e il modulo di deformazione ottenuto con la prova di carico con piastra deve risultare maggiore di 800 Kg/cm<sup>2</sup>.

Volendo fare un calcolo per dimensionare la sovrastruttura attraverso il metodo C.B.R., ovvero calcolare gli spessori dei diversi strati sopra descritti, si può utilizzare il metodo del C.B.R..

Questo prevede che, partendo dal valore del C.B.R. del sottofondo e dei materiali di cui sono composti i vari strati, si ricavano gli spessori dello strato di base e di fondazione.

Utilizzando il monogramma VII.19 (Tesoriere Vol. 2 Strade, Ferrovie, Aeroporti, Utet 1979), con un C.B.R. del sottofondo ipotizzato pari a 7, si ottiene uno spessore complessivo della sovrastruttura di  $St = 34$  cm, costituito da strato superficiale (S1) "usura + collegamento", strato di base (S2) e fondazione (S3):

$$St = S1 + S2 + S3$$

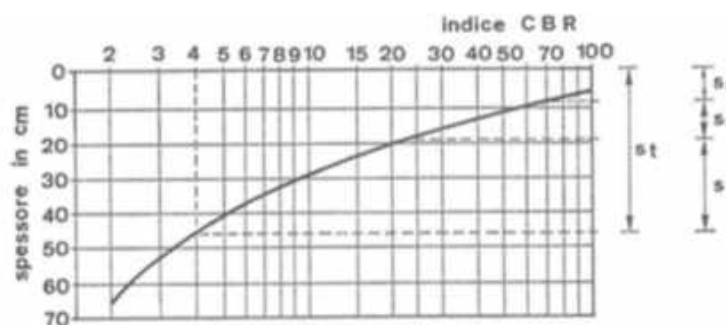


Fig. VII.19 – Dimensionamento degli strati di una sovrastruttura flessibile in base all'indice CBR

Considerata la contenuta entità di traffico prevista per la viabilità, si ritiene di poter porre pari a zero lo spessore dello strato di base ( $S_2$ ), pertanto si ottiene:

$$St = S1 + S3$$

Assegnando un C.B.R. 20 allo strato di fondazione, come da prove di laboratorio geotecnico eseguite, e un C.B.R. 70 allo strato superficiale (usura + collegamento) e imponendo che lo strato più superficiale formato da usura + collegamento assolvere all'assorbimento dei carichi tangenziali, si ricavano gli spessori  $S_3$  di fondazione e  $S_1$ , imponendo le seguenti condizioni:

$$S1 / S3 = 20/70 \quad \text{se } St = 34 \text{ cm come ipotizzato, allora si ricava:}$$

$$S3 = (St) / (1 + 20/70) = 26,5 \text{ cm (spessore strato di fondazione);}$$

$$S1 = St - S3 = 7,5 \text{ cm (strato di usura + collegamento).}$$

Pertanto, avendo cura di determinare il parametro C.B.R. in fase di esecuzione delle opere, si sarebbe in grado di diminuire gli spessori di progetto, superiori a quanto previsto da progetto.

Eventualmente potrà essere valutato un intervento di stabilizzazione a calce per i terreni di fondazione, allo scopo di diminuire la plasticità naturale del terreno, e grazie alla granularizzazione, esiste un conseguente aumento della lavorabilità e il contemporaneo aumento della portanza.

Nel breve termine l'incremento di resistenza e rigidità associato al mescolamento con calce viva (CaO) dipende principalmente dalla riduzione del contenuto d'acqua durante lo "slaking", dall'aumento del limite plastico e dalla riduzione dell'indice di plasticità conseguente allo scambio cationico.

Infatti, quando, la calce viva viene mescolata col terreno, essa reagisce immediatamente con l'acqua dei pori, con l'effetto di una "essiccazione" del terreno, che di norma è assai benefica. Mescolando calce con argilla, i cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle argillose determinano una diminuzione dell'indice di plasticità dell'argilla, migliorandone la lavorabilità, la resistenza e la rigidità.

L'incremento nel lungo termine è governato principalmente dalle reazioni pozzolaniche della calce con la frazione argillosa del terreno. Dopo qualche giorno, infatti, si assiste ad un ulteriore miglioramento delle caratteristiche meccaniche e al loro mantenimento nei confronti degli effetti del gelo e dell'umidità grazie allo svolgersi di reazioni pozzolaniche cementanti di lunga durata.

Tipicamente i rapporti di cemento/terreno secco o calce/terreno secco usati in pratica variano nell'intervallo 2-10%.

Relativamente alla realizzazione della pista ciclabile, in considerazione dei carichi e delle sollecitazioni decisamente contenute, si ritiene che quanto in progetto potrà essere realizzato senza particolari prescrizioni.

#### **b) Scatolare**

Relativamente alla realizzazione dello scatolare, le problematiche riguardano principalmente lo scavo per la posa dello stesso; pertanto gli sbancamenti e gli scavi dovranno essere eseguiti tenendo un angolo di scarpa dell'ordine di 55-60°, eventualmente realizzando dei gradoni qualora i terreni su cui intervenire risultassero eccessivamente scadenti dal punto di vista geotecnico, ed avendo cura di proteggere i fronti di scavo con teli impermeabili, per scongiurare l'azione dilavatrice di eventuali precipitazioni meteoriche particolarmente violente ed intense.

L'eventuale messa in opera di riporti di terreno dovrà essere preceduta da opportune sistemazioni del terreno mediante l'asportazione dello strato superficiale di origine vegetale e la conformazione del piano di posa a gradoni facendo in modo che la pendenza trasversale non superi il 5%, ed avendo sempre la massima cura di scartare i litotipi che includono sostanze vegetali o di alterazione più scadenti.

Il materiale dovrà essere steso per strati dello spessore massimo di 30 cm, opportunamente rullati e compattati.

Qualora la falda freatica di superficie dovesse risultare più superficiale rispetto alla profondità di posa della base dello scatolare, si renderà necessaria la posa in opera di un adeguato sistema drenaante, in grado di abbassarne temporaneamente il livello statico.

#### **c) Fossi di nuova realizzazione**

Relativamente ai fossi di nuova realizzazione, la profondità di scavo di progetto e l'angolo di scarpata che verrà adottato non destano particolari problematiche di realizzazione.

Il riempimento dei fossi esistenti, a seguito dello spostamento dei canali di scolo per esigenze progettuali, dovrà essere eseguito seguendo le prescrizioni sopra riportate per la stesa dei terreni di riporto. Risulta infatti fondamentale che i terreni di riporto subiscano una opportuna compattazione, ad evitare nel tempo effetti di cedimento differenziale dovuto al loro assestamento.

## 9. CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE

In accordo con le NTC sono stati effettuati i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU).

Secondo la Normativa la valutazione del grado di sicurezza si ottiene adottando il “Metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali” e verificando la relazione:

$$E_{inst,d} < E_{isrb,d}$$

dove:

$E_{inst,d}$ : valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione nelle varie combinazioni di calcolo;

$E_{isrb,d}$ : valore di progetto della resistenza del terreno.

La verifica del valore di progetto della resistenza del terreno viene eseguita secondo la teoria proposta da *Brinch-Hansen* (1970), estensione dell'equazione di *Buisman* (1935) e *Terzaghi* (1943), basata sulle seguenti ipotesi:

- omogeneità ed isotropia del terreno;
- non resistenza del terreno agli sforzi tensionali di trazione;
- rigidità infinita della struttura di fondazione rispetto al terreno.

Per le considerazioni suddette la formula di *Brinch-Hansen* viene ad assumere la seguente struttura:

$$R_d = (1/2 \gamma' B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma z_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c g_c b_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q g_q b_q z_q) r_g / \gamma_R$$

dove:

$\gamma'$  = peso di volume del terreno posto al disotto della fondazione;

$B$  = larghezza della fondazione;

$N_\gamma$ ;  $N_c$ ;  $N_q$  = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio;

$c'$  = coesione del terreno;

$q = (\gamma \cdot D)$  = sovraccarico agente ai bordi della fondazione dove  $\gamma$  è il peso di volume del terreno e  $D$  è l'incastro della fondazione;

$s_\gamma$ ;  $s_c$ ;  $s_q$  = fattori di forma della fondazione;

$d_\gamma$ ;  $d_c$ ;  $d_q$  = fattori di profondità della fondazione;

$i_\gamma$ ;  $i_c$ ;  $i_q$  = fattori inclinazione carico sulla fondazione;

$g_\gamma$ ;  $g_c$ ;  $g_q$  = fattori dipendenti dall'inclinazione del terreno;

$b_\gamma$ ;  $b_c$ ;  $b_q$  = fattori dipendenti dall'inclinazione della fondazione;

$z_\gamma$ ;  $z_c$ ;  $z_q$  = fattori correzione sismico inerziale;

$r_g$  = fattore riduttivo applicato per elevati valori di  $B$  (Bowles);

$\gamma_R$  = coefficiente parziale per la verifica agli stati ultimi di fondazioni superficiali.

Per gli scatolari in progetto si prevede un sistema fondale diretto attestato alla profondità di circa 3,00 m dal pc.c attuale, pertanto si ipotizza che i terreni che interagiscono con le fondazioni siano rappresentati dai limi argillosi e/o viceversa di consistenza plastico tenera e plastica appartenenti alle unità geotecniche A e A1.

La verifica della resistenza di progetto del terreno in condizioni statiche viene eseguita prendendo in esame le unità geotecniche suddette, utilizzando un calcolo statistico sui valori di  $C_u$  determinati sulla base dei valori di resistenza alla penetrazione intercettati nel corso dell'indagine geognostica, al quale vengono applicati i coefficienti riduttivi previsti da Normativa.

Per i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU) verrà utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) che risulta dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico.

Nella tabella seguente vengono riportati i coefficienti parziali riduttivi previsti dalla normativa per i parametri geotecnici del terreno.

Tabella 6.2.II

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE		
		$\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi' k$	$\gamma_\phi$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c' k$	$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Il valore  $\gamma_R$  (coefficiente parziale per la verifica agli stati ultimi di fondazioni superficiali) si ricava dalla seguente tabella:

Tab. 6.4.1 – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

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



Secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3), e non considerando la superficie efficace della fondazione, si ottiene prudenzialmente:

**a) Scatolare:** fondazione diretta a platea generale con larghezza  $B = 2,00$  m, lunghezza  $L = 2,00$  m e approfondimento  $D = 3,00$  m:

$c_{uk} = 30 \text{ kN/m}^2$ ;  
 $c_{ud} = 30 \text{ kN/m}^2$ ;  
 $s_c = 1,20$ ;  
 $q = 48,0 \text{ kN/m}^2$ ;  
 $r_g = 1$ ;  
 $\gamma_R = 2,3$ .

$$E_{isrb,d} = (30 \cdot 5,14 \cdot 1,20 + 48,0) \cdot 1,0 / 2,3 = 101 \text{ kN/m}^2$$

Sarà cura del progettista, sulla base della conoscenza dei parametri, della geometria e delle azioni di progetto, la verifica della disequazione  $E_{inst,d} < E_{isrb,d}$  per l'approccio considerato.

In considerazione di quanto sopra si può pertanto affermare che da un punto di vista geologico non vi è nulla che impedisca la realizzazione di quanto in progetto.

Bologna, 4 Febbraio 2021

**A L L E G A T I**

### **Indagine geognostica**

Committente: Comune di Castel Maggiore  
 Località: Castel Maggiore (BO)  
 Cantiere: via Bondanello  
 n° prova: 1  
 Profondità falda: 1,10 m  
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN  
 Note: ---

Rapporto di prova N°: **21.0001 /RSP**

Data prova: 05/01/2021  
 Quota: ---  
 Codice lavoro: 2021.001  
 Procedura di prova: IO\_003

L1 kg/cm <sup>2</sup>	L2 kg/cm <sup>2</sup>	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
12		1,18	52,32	22	4,45	
14	22	1,37	78,48	17	5,72	
14	26	1,37	65,40	21	4,76	
10	20	0,98	58,86	17	6,00	
9	18	0,88	52,32	17	5,93	1,0 m
9	17	0,88	52,32	17	5,93	
10	18	0,98	52,32	19	5,34	
18	26	1,76	39,24	45	2,22	
14	20	1,37	45,78	30	3,34	
11	18	1,08	52,32	21	4,85	2,0 m
5	13	0,49	26,16	19	5,34	
5	9	0,49	26,16	19	5,34	
8	12	0,78	45,78	17	5,84	
7	14	0,69	39,24	17	5,72	
7	13	0,69	32,70	21	4,76	3,0 m
8	13	0,78	32,70	24	4,17	
13	18	1,27	26,16	49	2,05	
24	28	2,35	45,78	51	1,95	
6	13	0,59	32,70	18	5,56	
6	11	0,59	32,70	18	5,56	4,0 m
11	16	1,08	65,40	16	6,06	
11	21	1,08	58,86	18	5,46	
27	36	2,65	52,32	51	1,98	
20	28	1,96	45,78	43	2,33	
17	24	1,67	91,56	18	5,49	5,0 m
17	31	1,67	104,64	16	6,28	
20	36	1,96	111,18	18	5,67	
21	38	2,06	104,64	20	5,08	
26	42	2,55	104,64	24	4,11	
20	36	1,96				6,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	05/01/2021	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

Committente: Comune di Castel Maggiore  
 Località: Castel Maggiore (BO)  
 Cantiere: via Bondanello  
 n° prova: 2  
 Profondità falda: foro chiuso  
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN  
 Note: ---

Rapporto di prova N°: **21.0002 /RSP**

Data prova: 05/01/2021  
 Quota: ---  
 Codice lavoro: 2021.001  
 Procedura di prova: IO\_003

L1 kg/cm <sup>2</sup>	L2 kg/cm <sup>2</sup>	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
16		1,57	91,56	17	5,84	
20	34	1,96	124,26	16	6,34	
21	40	2,06	117,72	17	5,72	
28	46	2,75	163,50	17	5,96	
33	58	3,24	117,72	27	3,64	1,0 m
28	46	2,75	137,34	20	5,00	
15	36	1,47	65,40	22	4,45	
12	22	1,18	58,86	20	5,00	
7	16	0,69	32,70	21	4,76	
12	17	1,18	26,16	45	2,22	2,0 m
9	13	0,88	32,70	27	3,71	
9	14	0,88	45,78	19	5,19	
7	14	0,69	45,78	15	6,67	
8	15	0,78	45,78	17	5,84	
9	16	0,88	45,78	19	5,19	3,0 m
22	29	2,16	39,24	55	1,82	
12	18	1,18	32,70	36	2,78	
4	9	0,39	26,16	15	6,67	
4	8	0,39	26,16	15	6,67	
4	8	0,39	26,16	15	6,67	4,0 m
5	9	0,49	32,70	15	6,67	
4	9	0,39	26,16	15	6,67	
6	10	0,59	26,16	22	4,45	
7	11	0,69	39,24	17	5,72	
8	14	0,78	52,32	15	6,67	5,0 m
16	24	1,57	104,64	15	6,67	
22	38	2,16	111,18	19	5,15	
23	40	2,25	137,34	16	6,09	
27	48	2,65	156,96	17	5,93	
25	49	2,45				6,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	05/01/2021	Dr. Conti	Dr. Luca Conti



**GEO-PROBE S.r.l.**

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

**CPT (CONE PENETRATION TEST)****N. 1**Rapporto di Prova N°: **21.0001 /RSP**

Committente: Comune di Castel Maggiore

Località: Castel Maggiore (BO) via Bondanello

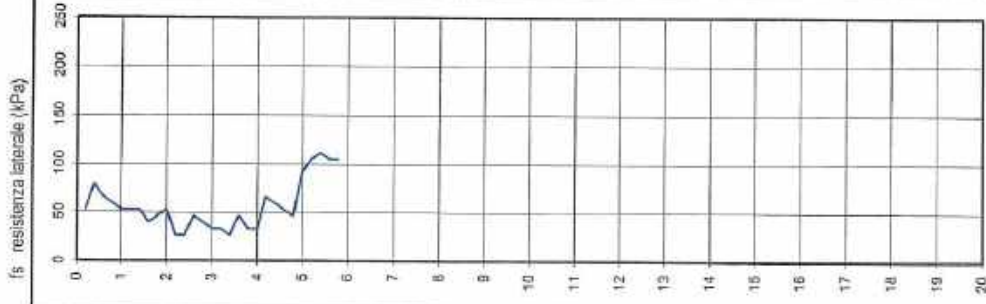
Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN

Quota: --

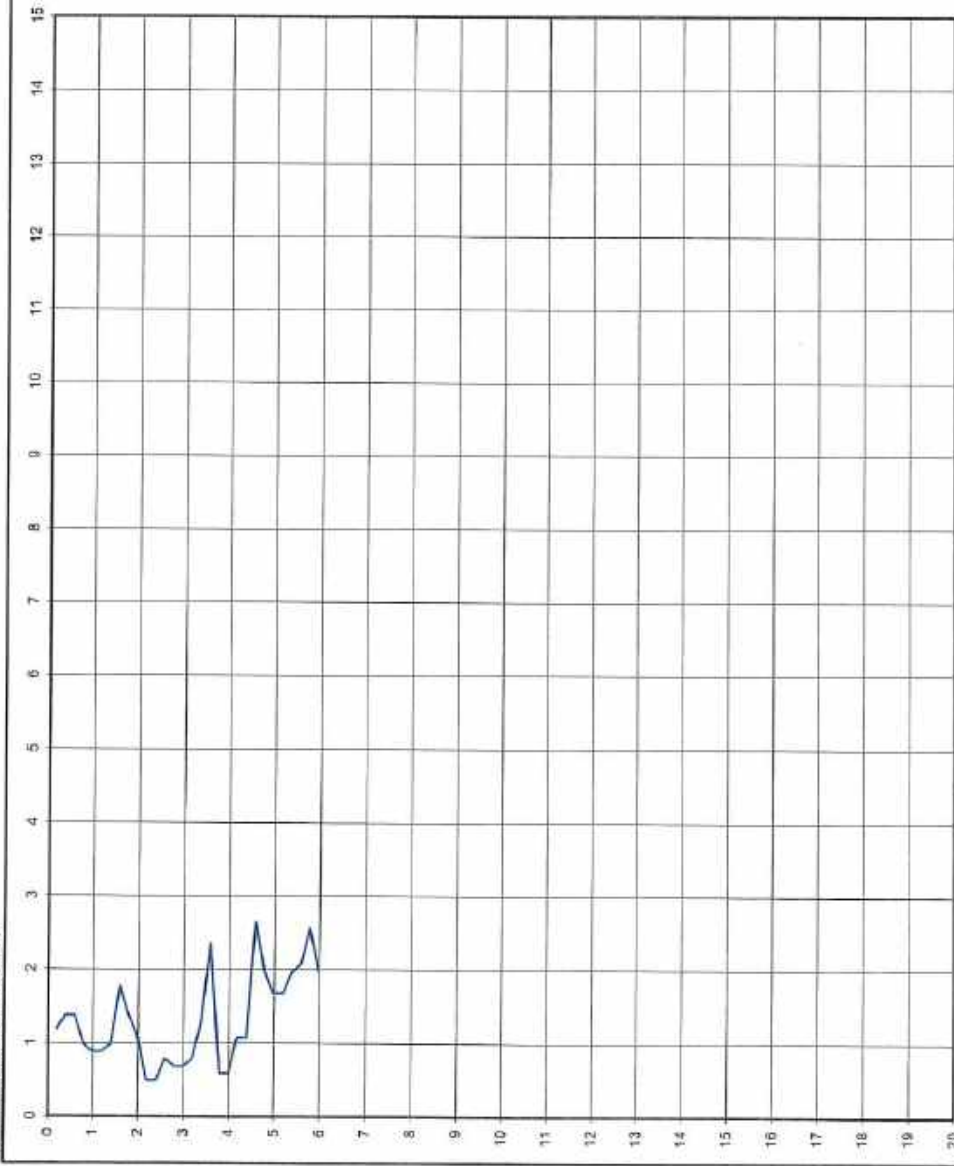
Data prova: 05/01/2021

Codice lavoro: 2021.001

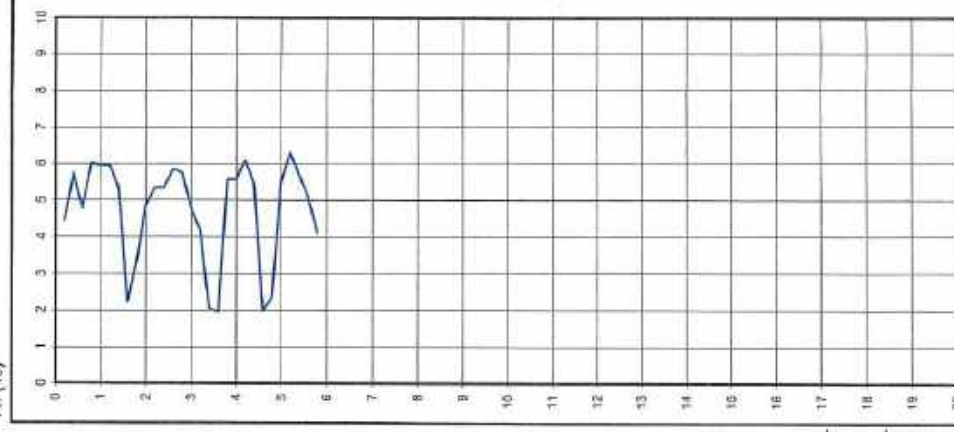
fs: resistenza laterale (MPa)



qc: resistenza alla punta (MPa)



Rf (%)



Livello acqua da p.c.: 1.10 m

Note:

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IO_003	ASTM D 6441-16	0	05/01/2021	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

**GEO-PROBE S.r.l.**

- Indagini Geognostiche -

**40033 CASALECCHIO DI RENO**

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

**CPT (CONE PENETRATION TEST)****N. 2****Rapporto di Prova N°:** **21.0002 /RSP**

Committente :

Comune di Castel Maggiore

Quota: --

Località :

Castel Maggiore (BO) via Bondanello

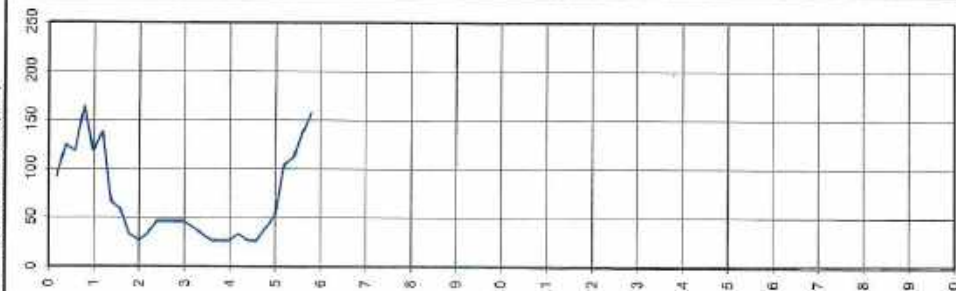
Data prova : 05/01/2021

Attrezzatura :

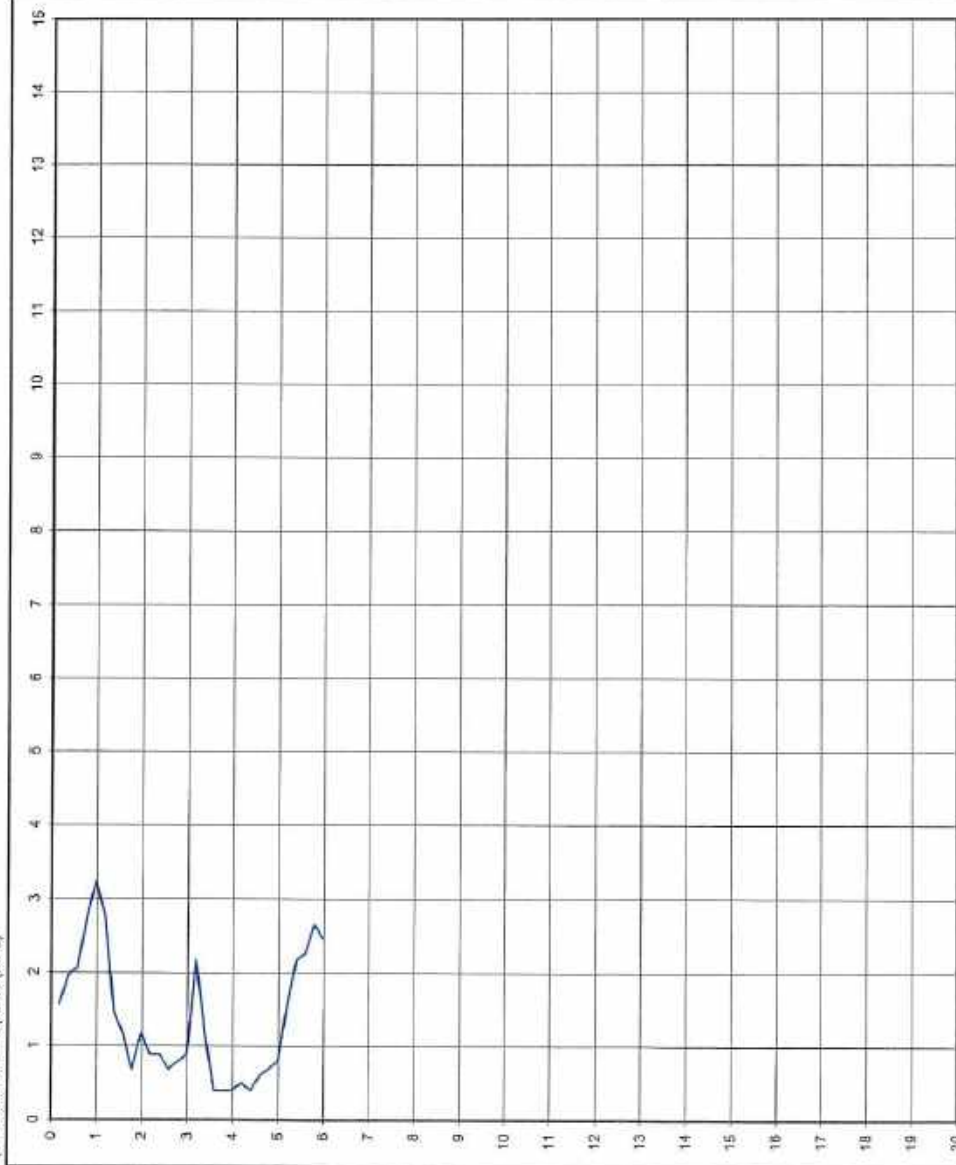
Penetrometro da 200 kN

Codice lavoro: 2021.001

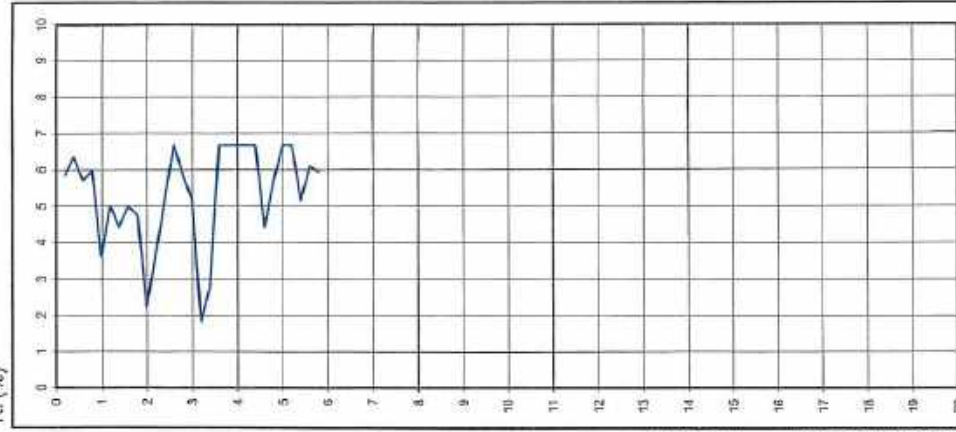
fs resistenza laterale (kPa)



qc resistenza alla punta (MPa)



Rf (%)



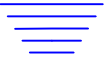


Livello acqua da p.c.: foro chiuso



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IO_003	ASTM D 6441-16	0	05/01/2021	Dr. Conti	Dr. Luca Conti



Dott. Geol. Giovanna Giordani Viale G. Gozzadini 11/2 40124 Bologna geol.giovanna.giordani@gmail.com	Committente: Comune di Castel Maggiore Località: loc. Bondanello Cantiere: via Bondanello Perforazione: Trivellazione a secco d= 65 mm Attrezzatura: Pagani TG 63	Quota: --- Profondità: 1,00 m Data inizio: 05/01/2021 Data fine: 05/01/2021	Sondaggio: <b>1</b>
Data di emissione: 05/01/2021		Il geologo: Dott. Geol. Giovanna Giordani	

Scala 1:50	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica:	Scala 1:50	Campione	Falda
0,1			Terreno vegetale	0,1		
0,2			Limo debolmente sabbioso di colore nocciola; terreno a consistenza plastica ed umidità media	0,2		
0,3				0,3		
0,4				0,4		
0,5				0,5		
0,6				0,6		
0,7				0,7		
0,8				0,8		
0,9				0,9		
1,0				1,0		
			Fine sondaggio			
1,1				1,1		
1,2				1,2		-1,10 m in leggera pressione
1,3				1,3		
1,4				1,4		
1,5				1,5		
1,6				1,6		
1,7				1,7		
1,8				1,8		
1,9				1,9		
2,0				2,0		



Dott. Geol. Giovanna Giordani Viale G. Gozzadini 11/2 40124 Bologna geol.giovanna.giordani@gmail.com	Committente: Comune di Castel Maggiore Località: loc. Bondanello Cantiere: via Bondanello Perforazione: Trivellazione a secco d= 65 mm Attrezzatura: Pagani TG 63	Quota: --- Profondità: 1,00 m Data inizio: 05/01/2021 Data fine: 05/01/2021	Sondaggio: <b>2</b>
Data di emissione: 05/01/2021		Il geologo: Dott. Geol. Giovanna Giordani	

Scala 1:50	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica:	Scala 1:50	Campione	Falda
0,1			Terreno vegetale	0,1		
0,2			Limo argilloso di colore nocciola; terreno a consistenza plastico dura ed umidità scarsa	0,2		
0,3				0,3		
0,4				0,4		
0,5				0,5		
0,6				0,6		
0,7				0,7		
0,8				0,8		
0,9				0,9		
1,0				1,0		
			Fine sondaggio			assente sino a fondo foro
1,1				1,1		
1,2				1,2		
1,3				1,3		
1,4				1,4		
1,5				1,5		
1,6				1,6		
1,7				1,7		
1,8				1,8		
1,9				1,9		
2,0				2,0		

Dott. Geol. Giovanna Giordani Viale G. Gozzadini 11/2 40124 Bologna geol.giovanna.giordani@gmail.com	Committente: Comune di Castel Maggiore Località: loc. Bondanello Cantiere: via Bondanello Perforazione: Trivellazione a secco d= 65 mm Attrezzatura: Pagani TG 63	Quota: --- Profondità: 1,00 m Data inizio: 05/01/2021 Data fine: 05/01/2021	Sondaggio: <b>3</b>
Data di emissione: 05/01/2021		Il geologo: Dott. Geol. Giovanna Giordani	

Scala 1:50	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica:	Scala 1:50	Campione	Falda
0,1			Terreno agrario e/o vegetale	0,1		
0,2			Argilla limosa di colore nocciola; terreno a consistenza dura ed umidità scarsa	0,2		
0,3				0,3		
0,4				0,4		
0,5				0,5		
0,6				0,6		
0,7				0,7		
0,8				0,8		
0,9				0,9		
1,0			Fine sondaggio	1,0		assente sino a fondo foro
1,1				1,1		
1,2				1,2		
1,3				1,3		
1,4				1,4		
1,5				1,5		
1,6				1,6		
1,7				1,7		
1,8				1,8		
1,9				1,9		
2,0				2,0		

Dott. Geol. Giovanna Giordani Viale G. Gozzadini 11/2 40124 Bologna geol.giovanna.giordani@gmail.com	Committente: Comune di Castel Maggiore Località: loc. Bondanello Cantiere: via Bondanello Perforazione: Trivellazione a secco d= 65 mm Attrezzatura: Pagani TG 63	Quota: --- Profondità: 1,00 m Data inizio: 05/01/2021 Data fine: 05/01/2021	Sondaggio: <b>4</b>
Data di emissione: 05/01/2021		Il geologo: Dott. Geol. Giovanna Giordani	

Scala 1:50	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica:	Scala 1:50	Campione	Falda
0,1			Terreno vegetale e/o di riporto	0,1		
0,2				0,2		
0,3			Limo argilloso di colore nocciola; terreno a consistenza plastico dura ed umidità scarsa	0,3		
0,4				0,4		
0,5				0,5		
0,6				0,6		
0,7				0,7		
0,8				0,8		
0,9				0,9		
1,0				1,0		
			Fine sondaggio			
1,1				1,1		assente sino a fondo foro
1,2				1,2		
1,3				1,3		
1,4				1,4		
1,5				1,5		
1,6				1,6		
1,7				1,7		
1,8				1,8		
1,9				1,9		
2,0				2,0		

**Certificati analisi di laboratorio di tipo geotecnico**



# **LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghera (FE) - Tel 0532/815681  
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

*Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=*

## **CLASSIFICA NORMA UNI 11531-1 (ex UNI 10006)**

Committente: **Dott. Geol. Giovanna Giordani**  
Cantiere: **Via Bondanello - Castel Maggiore (BO)**  
Campione n°: **C1**  
Data inizio prova: **15/01/2021**

**Verbale accettazione n° 1 del 11/01/2021**

Passante setaccio 2 mm (%)	100
Passante setaccio 0.42 mm (%)	100
Passante setaccio 0.063 mm (%)	73
Limite liquido (%)	52
Indice di plasticità (%)	29
Indice di gruppo	17.48
Gruppo	A 7-6

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 4
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione: 20/01/2021







# **LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681  
www.mucchilab.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

## **ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE** **norma ASTM D 422 - AGI 1994**

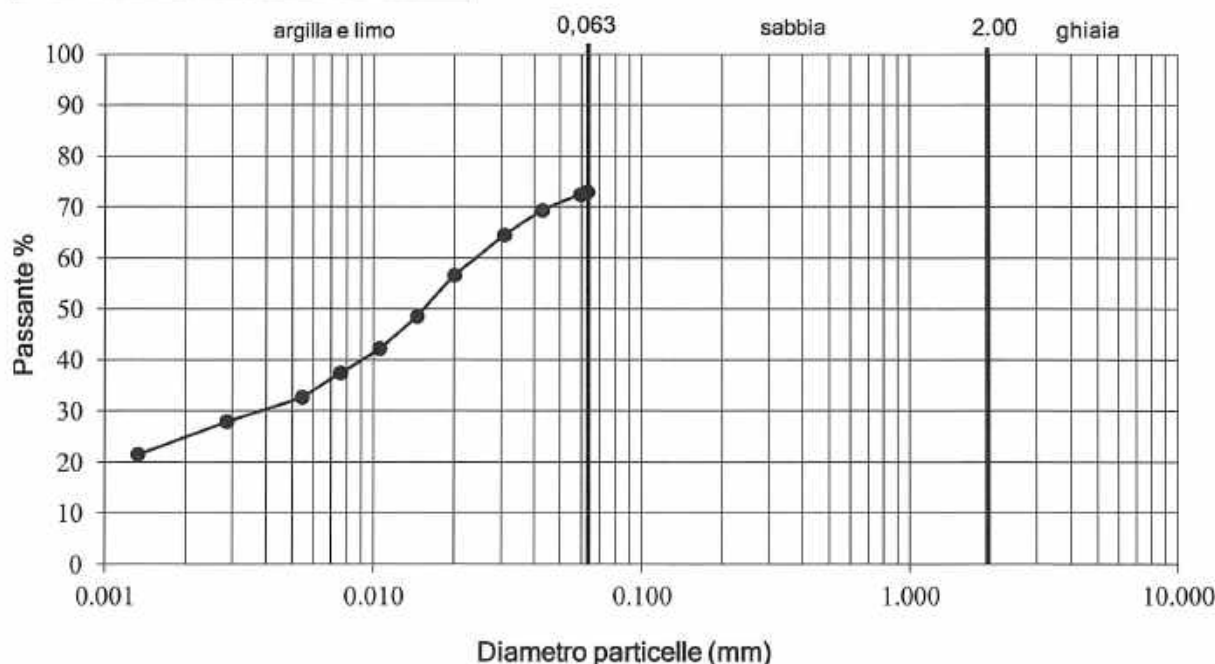
Committente : **Dott. Geol. Giovanna Giordani**  
Cantiere : **Via Bondanello - Castel Maggiore (BO)**  
Campione : **C1**  
Data prova : **14/01/2021**  
**Verbale accettazione n° 1 del 11/01/2021**

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	73.00
0.0596	72.54
0.0427	69.34
0.0308	64.56
0.0201	56.60
0.0146	48.64
0.0106	42.27
0.0076	37.50
0.0055	32.72
0.0029	27.95
0.0013	21.59

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm) :	27%
Limo	( 0.063 - 0.002 mm ) :	48%
Argilla	( < 0.002mm ) :	25%

Trattenuto allo 0.063 mm :	27%
----------------------------	-----

Umidità naturale W%	20.0
---------------------	------



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 1
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione: 20/01/2021





# **LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681  
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

## **LIMITI DI ATTERBERG ( Norma ASTM D4318 )**

Committente : **Dott. Geol. Giovanna Giordani**  
Cantiere : **Via Bondanello - Castel Maggiore (BO)**

Campione : **C1**

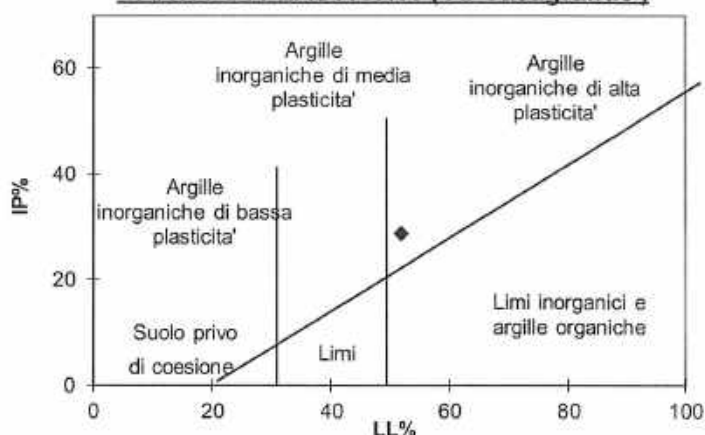
Data prova : **15/01/2021**

**Verbale accettazione n° 1 del 11/01/2021**

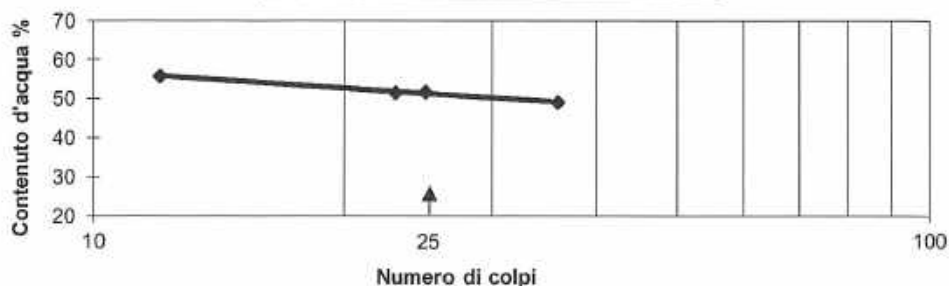
	Limite liquido			Lim.plastico	Umidita' Naturale
N° CONTENITORE	1	2	3	media 2 det.	4
N° COLPI	36	23	12		
Massa terreno umido + tara (g)	41.35	48.70	43.12	15.86	150.00
Massa terreno secco + tara (g)	32.16	36.67	32.43	14.75	126.01
Massa acqua contenuta (g)	9.19	12.03	10.69	1.11	23.99
Massa tara (g)	13.42	13.32	13.31	9.93	6.29
Massa terreno secco (g)	18.74	23.35	19.1	4.82	119.72
Contenuto d'acqua %	49.0	51.5	55.9	23.0	20.0

Limite liquido %	<b>52</b>
Limite Plastico %	<b>23</b>
Umidita' naturale %	<b>20.0</b>
Indice Plastico %	<b>29</b>
Indice di consistenza	<b>1.10</b>

### **CARTA DI PLASTICITA' ( A. Casagrande )**



### **GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'**



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 2
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 20/01/2021





**LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi**  
Via Alberto Ascani, 8 - Gualdo di Voghera (FE) - Tel 0532/815681  
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it  
*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

## PROVA DI PENETRAZIONE C.B.R. (California Bearing Ratio) - UNI EN 13286 - 47

Committente : **Dott. Geol. Giovanna Giordani**  
Cantiere : **Via Bondanello - Castel Maggiore (BO)**  
Campione : **C1**

Data inizio prova: **12/01/2021**

Verbale accettazione n° 1 del 11/01/2021

### Caratteristiche del provino

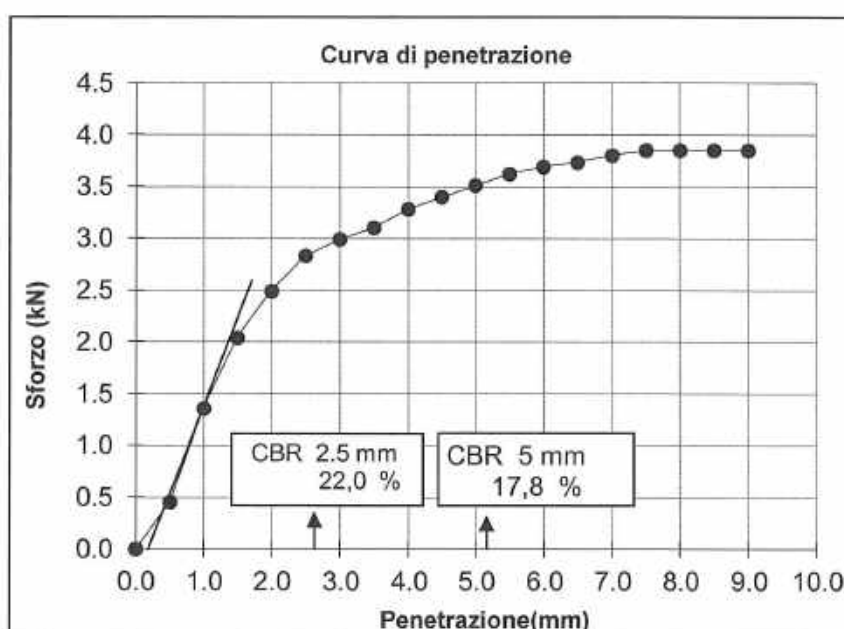
Umidità di compattazione %	<b>15.73</b>
Massa volumica apparente umida (MN/m <sup>3</sup> ):	<b>18.628</b>
Massa volumica apparente secca (MN/m <sup>3</sup> ):	<b>16.096</b>

### Modalità di compattazione

Volume provino (cmc) :	<b>2110</b>
Altezza provino (mm) :	<b>117</b>
n° strati :	<b>5</b>
n° colpi strato :	<b>56</b>
Peso pestello (N) :	<b>44.52</b>
Altezza caduta (cm) :	<b>45.7</b>

**INDICE CBR 22 %**

Penetrazione (mm)	Sforzo (kN)
0.0	0.0
0.5	0.453
1.0	1.358
1.5	2.037
2.0	2.490
2.5	2.830
3.0	2.988
3.5	3.101
4.0	3.283
4.5	3.396
5.0	3.509
5.5	3.622
6.0	3.690
6.5	3.735
7.0	3.803
7.5	3.848
8.0	3.848
8.5	3.848
9.0	3.848



**Fase di saturazione :**  
**Sovraccarico 53.93 N**  
**Tempo saturazione 4 giorni**  
**Rigonfiamento : 0.48 mm**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 3
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione: 20/01/2021

