

# PROVINCIA DI MODENA

Area Lavori Pubblici

Direttore Ing. Alessandro Manni

Servizio Lavori Speciali e Manutenzione opere pubbliche

telefono 059 209 623 fax 059 343 706

viale Jacopo Barozzi, 340 - 41124 Modena c.f. e p.i. 01375710363

centralino 059 209 111 www.provincia.modena.it provinciadi Modena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2015 - Registrazione N. 3256 -A-

## NUOVA ROTATORIA TRA LA S.P.N°13 DI CAMPOGALLIANO E LA STRADA COMUNALE FORNACE IN COMUNE DI CAMPOGALLIANO

### PROGETTO ESECUTIVO

RIFERIMENTO ELABORATO

PE002

### RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROT. n° 14231

CL. 11.15.02

DEL 03-05-2019

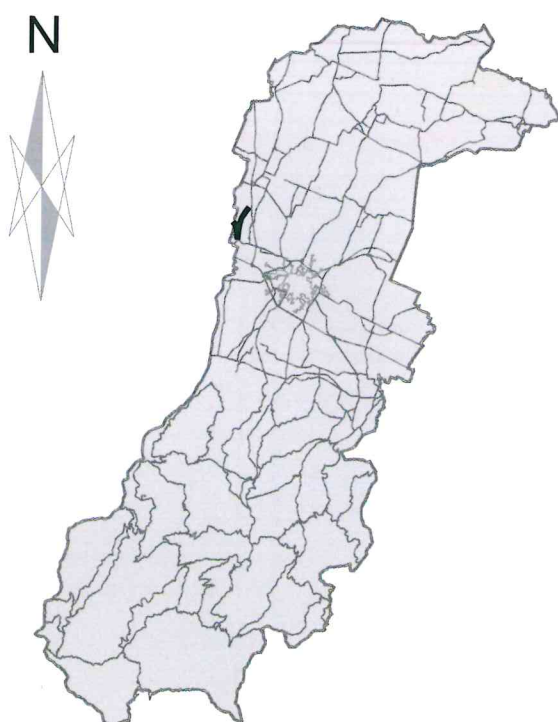
FASC. 84 SUB

A.D.

SCALA

DATA febbraio 2019

revisione	data	descrizione	redatto	controllato	approvato



ubicazione intervento

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Luca Rossi

PROGETTISTA

Dott. Ing. Eugenio Santi

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

Geom. Mauro Pizzirani

Geom. Paolo Lancellotti

Geom. Rosa Lombardi

CONSULENTE GEOLOGICO

Dott. Geol. Antonio Gatti

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Eugenio Santi

## **INDICE GENERALE**

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-AMMINISTRATIVO	1
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	6
4. USO DEL SUOLO	7
5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	9
6. INDAGINI REALIZZATE	20
7. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO	21
8. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE	46
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	57

## 1. PREMESSA

Il presente lavoro costituisce parte integrante del progetto per la realizzazione dei lavori per la realizzazione di una rotatoria sulla S.P. 13 "di Campogalliano" all'intersezione con via Fornace in comune di Campogalliano.

Si tratta in dettaglio dello studio dei terreni di fondazione della nuova sede stradale della rotatoria.

L'indagine è stata effettuata mediante reperimento di materiale bibliografico conoscitivo, sopralluoghi, rilievi diretti sul sito e indagini geognostiche.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di studio è ubicata a ovest dell'abitato di Campogalliano, in corrispondenza dell'incrocio tra la S.P. 13 "di Campogalliano" e Via Reggio (S.P. 13.3 diramazione) e Via Fornace, in provincia di Modena.

I principali riferimenti sono:

### ***a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)***

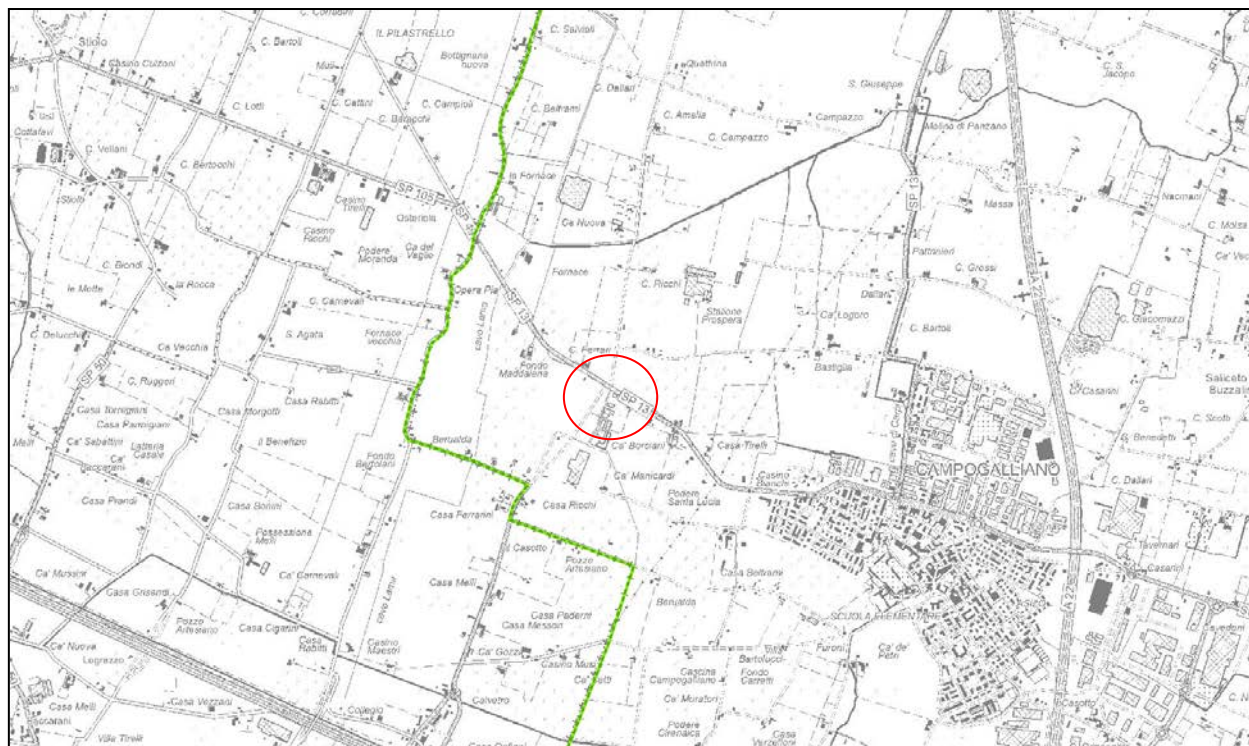
C.T.R.: Tavola 201 NO (1:25.000);  
Sezione 201100 e 201060 (1:10.000);  
Elementi 201101 e 201062 (1:5000).

### ***b. Copertura aereofotogrammetrica (fig. 2.4)***

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

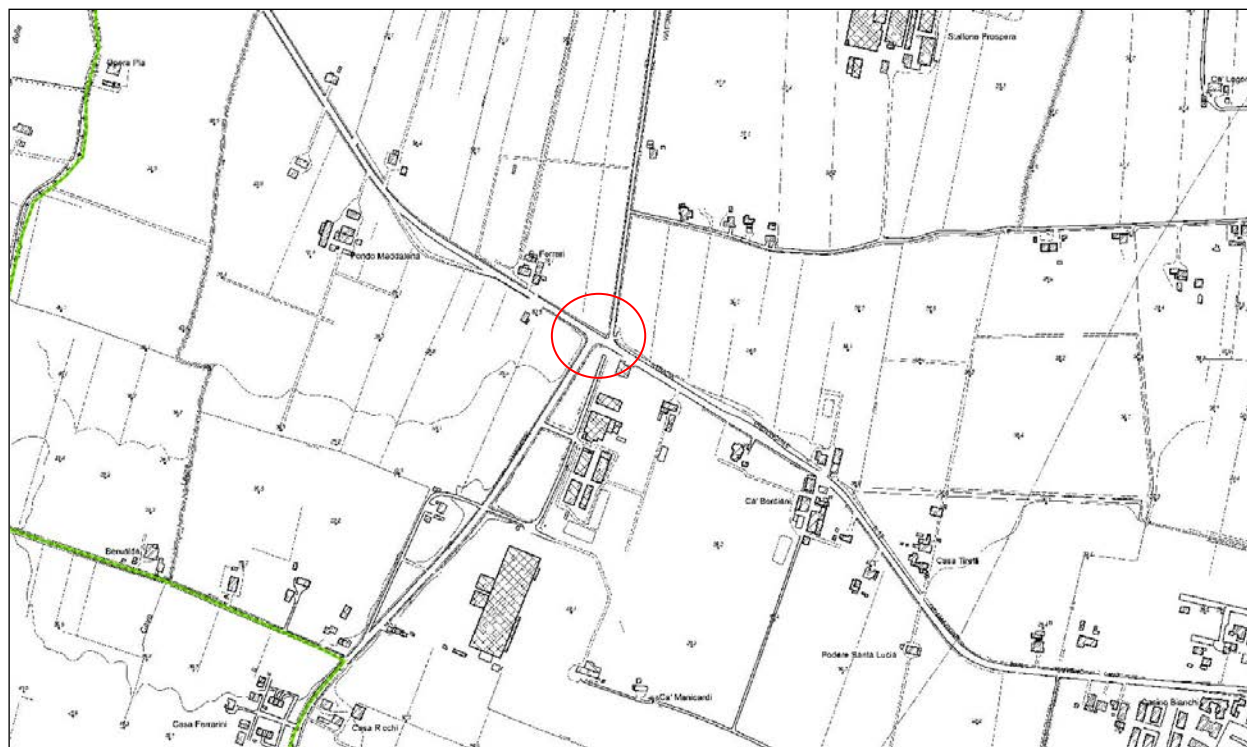
### ***c. Riferimenti catastali (fig. 2.3)***

Foglio 12, Mappali 97, 98, 99 e 107 - comune di Campogalliano  
Foglio 18, Mappale 1 - comune di Campogalliano



2





3

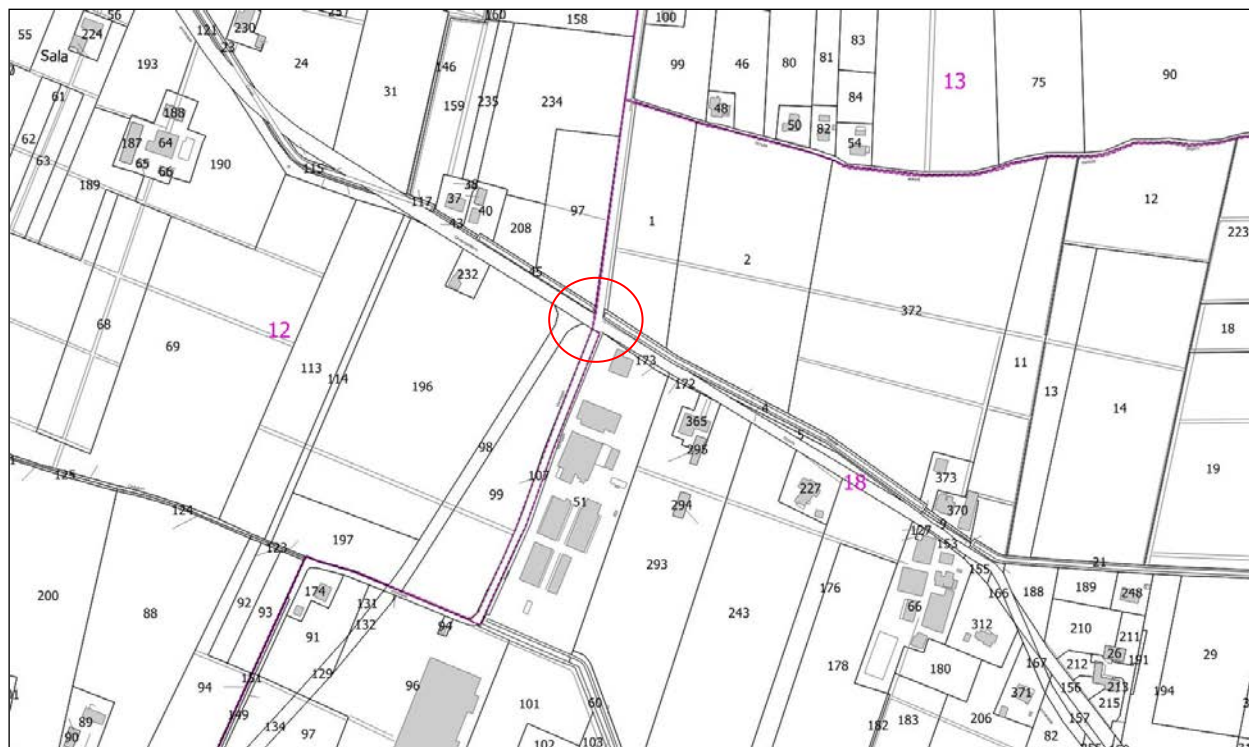


Figura 2.3: Localizzazione area di indagine su planimetria catastale a scala 1:2.000.



Figura 2.4: Localizzazione area di indagine su Ortofoto satellitare Agea 2011 scala 1:2.000.

### 3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

- **D.P.R. 380/2001**

- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- **Eurocodice 7**

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

- **Eurocodice 8**

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

- **D.M. 14 Gennaio 2008**

Norme Tecniche per le costruzioni.

- **Circolare n. 617 del 02/02/2009**

- **D.M. 17 Gennaio 2018**

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni.

L'area di intervento non risulta vincolata ai sensi del "Vincolo idrogeologico" (Regio Decreto n.3267 del 30/12/1923 e Legge Regionale n.47 del 07/12/1978).

## 4. USO DEL SUOLO

Il territorio interessato dagli interventi in oggetto è costituito da zone agricole, da infrastrutture viarie esistenti e da insediamenti produttivi come verificato dai rilievi e confermato dalla cartografia dell'uso del suolo pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna (ed 2008). Tale area, escludendo le infrastrutture per la mobilità, viene classificata con la sigla "2121" definita come zona di "*Seminativi semplici irrigui*" e con la sigla "1211" relativa agli "Insediamenti produttivi".

Quanto precedentemente descritto si può riscontrare nella Carta dell'Uso del Suolo della Regione Emilia-Romagna (ed. 2008) (fig. 4.1) e nella legenda (fig. 4.2).

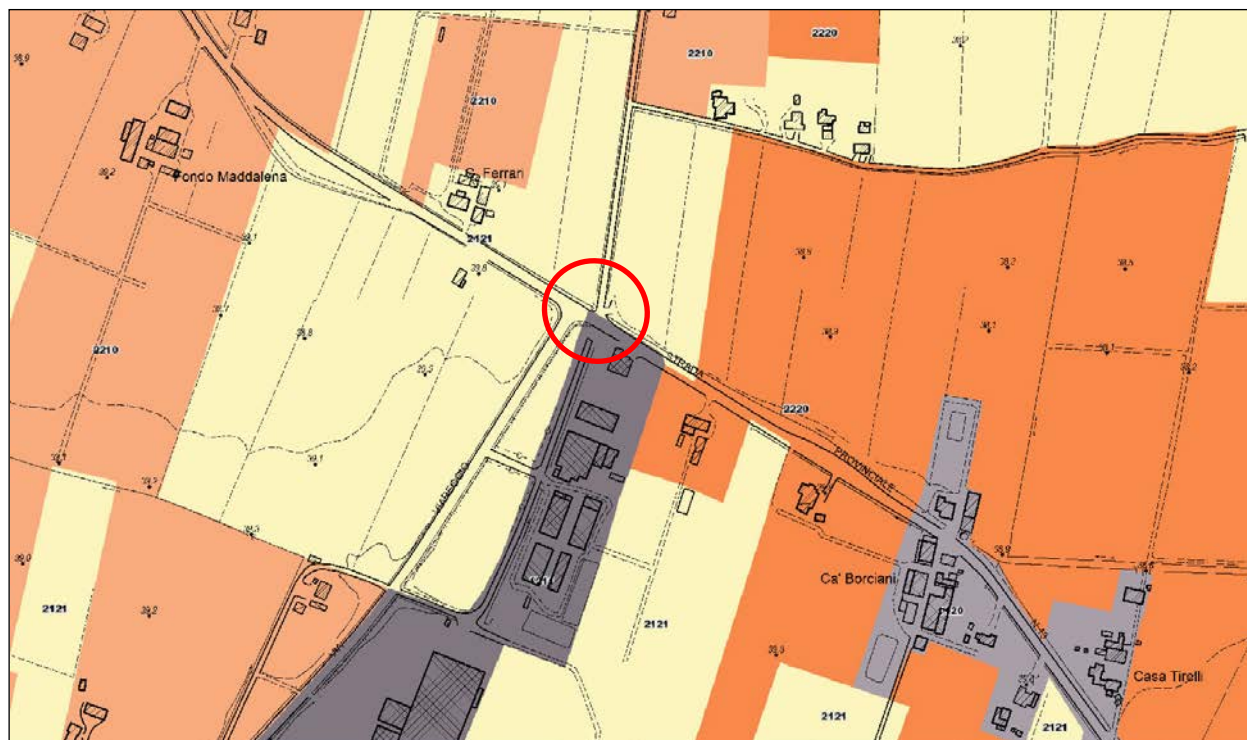


Figura 4.1: Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna ed. 2008.



## Legenda

### Carta Tecnica Regionale

Ctr 25.000

Value

High : 0



Low : 0

### Uso del Suolo

Uso del Suolo 2008 Edizione 2011

#### TERRITORI MODELLATI

##### ARTIFICIALE

1.1.1.1 - Ec - Tessuto residenziale compatto e denso

1.1.1.2 - Er - Tessuto residenziale rado

1.1.2.0 - Ed - Tessuto residenziale discontinuo

1.2.1.1 - Ia - Insediamenti produttivi

1.2.1.2 - Ic - Insediamenti commerciali

1.2.1.3 - Is - Insediamenti di servizi

1.2.1.4 - Io - Insediamenti ospedalieri

1.2.1.5 - It - Impianti tecnologici

1.2.2.1 - Rs - Reti stradali

1.2.2.2 - Rf - Reti ferroviarie

1.2.2.3 - Rm - Impianti di smistamento merci

1.2.2.4 - Rt - Impianti delle telecomunicazioni

1.2.2.5 - Re - Reti per la distribuzione e produzione dell'energia

1.2.2.6 - Ri - Reti per la distribuzione idrica

1.2.3.1 - Nc - Aree portuali commerciali

1.2.3.2 - Nd - Aree portuali da diporto

1.2.3.3 - Np - Aree portuali per la pesca

1.2.4.1 - Fc - Aeroporti commerciali

1.2.4.2 - Fs - Aeroporti per volo sportivo e eliporti

1.2.4.3 - Fm - Aeroporti militari

1.3.1.1 - Qa - Aree estrattive attive

1.3.1.2 - Qi - Aree estrattive inattive

1.3.2.1 - Qq - Discariche e depositi di cave, miniere e industrie

1.3.2.2 - Qu - Discariche di rifiuti solidi urbani

1.3.2.3 - Qr - Depositi di rottami

1.3.3.1 - Qc - Cantieri e scavi

1.3.3.2 - Qs - Suoli rimaneggiati e artefatti

1.4.1.1 - Vp - Parchi e ville

1.4.1.2 - Vx - Aree incolte urbane

1.4.2.1 - Vt - Campeggi e strutture turistico-ricettive

1.4.2.2 - Vs - Aree sportive

1.4.2.3 - Vd - Parchi di divertimento

1.4.2.4 - Vq - Campi da golf

1.4.2.5 - Vi - Ippodromi

1.4.2.6 - Va - Autodromi

1.4.2.7 - Vr - Aree archeologiche

1.4.2.8 - Vb - Stabilimenti balneari

1.4.3.0 - Vm - Cimiteri

2.1.1.0 - Sn - Seminativi non irrigui

2.1.2.1 - Se - Seminativi semplici irrigui

2.1.2.2 - Sv - Vivali

2.1.2.3 - So - Colture orticole

2.1.3.0 - Sr - Risaie

2.2.1.0 - Cv - Vigneti

2.2.2.0 - Cf - Frutteti

2.2.3.0 - Co - Oliveti

2.2.4.1 - Cp - Pioppeti coltivati

2.2.4.2 - Cl - Altre colture da legno

2.3.1.0 - Pp - Prati stabili

2.4.1.0 - Zt - Colture temporanee associate a colture permanenti

2.4.2.0 - Zo - Sistemi colturali e particolari complessi

2.4.3.0 - Ze - Aree con colture agricole e spazi naturali importanti

3.1.1.1 - Bf - Boschi a prevalenza di faggi

3.1.1.2 - Bq - Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni

3.1.1.3 - Bs - Boschi a prevalenza di salici e pioppi

3.1.1.4 - Bp - Boschi planiziali a prevalenza di farnie e frassini

3.1.1.5 - Bc - Castagneti da frutto

3.1.2.0 - Ba - Boschi di conifere

3.1.3.0 - Bm - Boschi misti di conifere e latifoglie

3.2.1.0 - Tp - Praterie e brughiere di alta quota

3.2.2.0 - To - Cespuglieti e arbusteti

3.2.3.1 - Tn - Vegetazione arbustiva e arborea

3.2.3.2 - Ta - Rimboschimenti recenti

3.3.1.0 - Ds - Spiagge, dune e sabbie

3.3.2.0 - Dr - Rocce nude, falesie e affioramenti

3.3.3.1 - Dc - Aree calanchive

3.3.3.2 - Dx - Aree con vegetazione rada di altro tipo

3.3.4.0 - Di - Aree percorse da incendi

4.1.1.0 - Ui - Zone umide interne

4.1.2.0 - Ut - Torbiere

4.2.1.1 - Up - Zone umide salmastre

4.2.1.2 - Uv - Valli salmastre

4.2.1.3 - Ua - Acquaculture in zone umide salmastre

4.2.2.0 - Us - Saline

5.1.1.1 - Af - Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa

5.1.1.2 - Av - Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante

5.1.1.3 - Ar - Argini

5.1.1.4 - Ac - Canali e idrovie

5.1.2.1 - An - Bacini naturali

5.1.2.2 - Ap - Bacini produttivi

5.1.2.3 - Ax - Bacini artificiali

5.1.2.4 - Aa - Acquaculture in ambiente continentale

5.2.1.1 - Ma - Acquaculture in mare

Figura 4.2: Legenda della Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna ed. 2008.

## 5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

### a. Premessa

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Campogalliano ricade nella pianura alluvionale entro la quale, negli ultimi 4.000-5.000 anni dell'Olocene, gli affluenti appenninici del fiume Po (in particolare in fiume Secchia), hanno determinando l'attuale assetto morfologico ed altimetrico del territorio che, a sua volta, dipende dai movimenti tettonici, dalla subsidenza naturale e dall'intervento antropico.

I fiumi che scorrono in questa porzione di pianura si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto; questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani in funzione della diversa energia cinetica della corrente. In prossimità dell'alveo il fiume tende a depositare materiali più grossolani formando dossi di tracimazione (argini naturali), oltre che ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte; tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei).

Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione; per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio.

In questa situazione, in concomitanza con gli eventi alluvionali, è possibile che un fiume cambi il suo percorso.

Per quanto riguarda l'evoluzione di Secchia e Panaro negli ultimi due secoli, vanno sottolineati due aspetti: uno relativo all'alta pianura, dove i fiumi hanno un letto più basso rispetto alla pianura circostante ("incassato") e uno relativo al settore di media-bassa pianura, dove i fiumi scorrono in un alveo più alto rispetto al territorio circostante ("pensile"). Nell'alta pianura, come conseguenze dell'attività estrattiva e della costruzione di muri ed argini a difesa dalle alluvioni, si assiste ad un approfondimento del letto dei fiumi ed al cambiamento del loro alveo da un tracciato con più canali ("canali anastomosati") ad un tracciato con un unico canale ("monocursale"). L'abbassamento degli alvei ha avuto ripercussioni anche sull'idrologia sotterranea; infatti, i depositi alluvionali rimasti più alti dei corsi d'acqua non sono più, come un tempo, acquiferi ricchi di acque e invece di essere alimentati sono drenati dal fiume. Nel settore di media-bassa pianura vengono realizzati numerosi tagli di "meandri", con conseguenti "raddrizzamenti" di tratti fluviali: sono stati realizzati sia lungo il F. Secchia (tra Modena e Rovereto e presso Quistello) sia lungo il Panaro (presso il Ponte di S.Ambrogio, presso Finale Emilia e a nord di Bondeno), soprattutto, per facilitare il deflusso delle acque nei periodi di piena riducendo così il pericolo di alluvioni. Infatti le tortuosità rallentavano la corrente mantenendo quindi elevato il pericolo di esondazione del fiume. Questi tagli hanno accorciato Secchia e Panaro di circa 10-11 km, corrispondenti all'11-12% della loro lunghezza totale in pianura, e hanno cambiato i loro tracciati da alvei con numerose anse ("meandri") ad alvei con lunghi tratti rettilinei. Questi interventi tuttavia non risolvevano il problema delle alluvioni ma semplicemente lo trasferivano a valle del tratto tagliato. Quindi, tra la fine anni '70 e l'inizio anni '80, sono state costruite le "casce di espansione" per la regolazione degli eventi di

piena: presso Rubiera sul F. Secchia e presso S. Anna sul F. Panaro. Si tratta di aree in cui i fiumi nei periodi di piena possono espandere le loro acque senza recare alcun danno.

La frequente corrispondenza riscontrata nell'area esaminata tra dossi e paleoalvei è spiegabile analizzando dal punto di vista dei processi di sedimentazione, il modello evolutivo, almeno nelle linee generali, della pianura olocenica. I fiumi appenninici, a valle delle conoidi pedemontane, tendono a proseguire verso il collettore principale su alvei pensili formati da sedimenti che il corso l'acqua non è più in grado di portare a carico.

Nel caso di rotte e tracimazioni, le acque si espandono nella pianura depositando, nelle immediate vicinanze dell'alveo, i materiali più grossolani e più lontano decantano, una volta cessato il flusso, i sedimenti più fini. Questi ultimi sedimenti si costipano di più di quelli costituenti l'alveo e si determinano così, già per processi naturali, dei notevoli dislivelli fra fiumi e territori circostanti.

Per i corsi d'acqua di pianura, non arginati artificialmente, rotte e tracimazioni sono un fenomeno ricorrente che favorisce i cambiamenti d'alveo; in un bacino subsidente, l'accrescersi della pianura avviene perciò sia orizzontalmente, con il giustapporsi di diversi successivi corpi d'alveo, che verticalmente, con il sovrapporsi di successivi cicli di riempimento dei bacini di esondazione.

Su questo meccanismo è intervenuto l'uomo, che, per porsi al riparo dalle esondazioni, ha innalzato argini artificiali di pari passo con il naturale innalzamento del fondo dei fiumi, ed ha impedito nello stesso tempo, l'arrivo di nuovi apporti detritici nelle aree comprese tra i vari fiumi esaltando così i dislivelli tra letti fluviali e aree circostanti (figura 5.1).

Risulta così spiegabile nelle sue linee essenziali il particolare panorama altimetrico del territorio esaminato che vede le zone più rilevate in corrispondenza dei corsi fluviali attuali ed estinti.

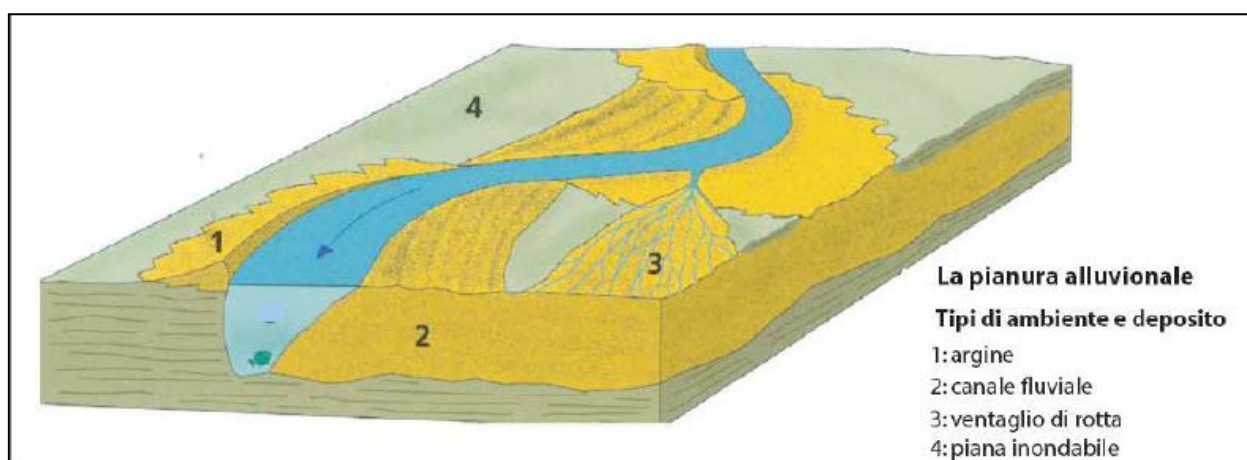


Figura 5.1: Schema di riferimento per l'interpretazione degli ambienti deposizionali in aree di pianura.

## **b. Lineamenti geologici e strutturali**

Il territorio comunale di Campogalliano si sviluppa nell'area di media pianura, in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni del fiume Secchia.

L'evoluzione geologica del territorio in studio va necessariamente inquadrata in un contesto regionale; essa ricade nella parte centro-meridionale della Pianura Padana, che costituisce dal punto di vista geologico, un grande bacino subsidente plio-quadernario di tipo sedimentario, che comincia a delinearsi sin dall'inizio del Triassico (225 milioni di anni fa) e viene interessato da subsidenza differenziata sia nel tempo che nello spazio, in diversi periodi (Mesozoico, Cenozoico, ma soprattutto Pliocene e Quaternario), con movimenti verticali controllati dai caratteri strutturali presenti in profondità; più in particolare, l'area ricade nel suo settore appenninico, in diretta influenza del Po e dei suoi affluenti di destra.

Nell'ambito del suddetto bacino, i terreni olocenici, di origine alluvionale, poggiano sul sottostante Pleistocene continentale e/o marino. L'assetto geologico strutturale profondo della Pianura Padana è noto soprattutto grazie ai dati emersi dalle perforazioni profonde e dalle prospezioni geofisiche effettuate per le ricerche petrolifere esposti nelle pubblicazioni di PIERI & GROPPI (1981) e CASSANO ed altri (1986), nelle quali viene aggiornata la sintesi stratigrafica e strutturale dell'area e puntualizzati l'andamento, l'evoluzione e la cronologia degli eventi tettonici dei diversi comparti del bacino.

Dal punto di vista strutturale la Pianura Padana non costituisce una unità omogenea: fanno infatti parte del suo sottosuolo le pieghe più esterne dell'Appennino settentrionale e delle Alpi meridionali lombarde, l'avampaese comune alle due catene e, nel Veneto, l'avampaese delle Alpi meridionali orientali e della catena dinarica; su questi elementi è impostata l'avanfossa pliocenico-quadernaria dell'Appennino.

In figura 5.2 è riportato un estratto dello schema tettonico regionale edita dalla Regione Emilia-Romagna nelle Note illustrative alla carta sismotettonica alla scala 1:250.000 (2004) che mette in evidenza la presenza di un ampio bacino, fortemente subsidente ed attivo sin dal Plio-Pleistocene, che si estende tra Carpi e Cento di Ferrara, denominato "Bacino di Carpi" o meglio noto come "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia, collocata tra due grandi archi di pieghe, che costituiscono la porzione più esterna dell'Appennino settentrionale, rappresentati dalle "Zona delle pieghe pedeappenniniche", a sud, più prossime alla catena appenninica, e dalla "Dorsale Ferrarese a nord; quest'ultima è caratterizzata da un'ampia struttura anticlinale molto evidente ed elevata, che corre da Massa Finalese a Mirandola, con direzione complessiva E/SE-N/NW e che, in corrispondenza di Novi di Modena e Correggio, subisce una decisa inflessione verso sud, con andamento SE-NW.



Da un punto di vista sedimentario, la sedimentazione terziaria e quaternaria in quest'area della pianura è stata essenzialmente detritica, si sono cioè deposte serie clastiche di considerevole spessore e solo nel Messiniano si riscontra un episodio evaporitico; si possono riconoscere essenzialmente due cicli di sedimentazione, distinguendo una zona marginale, in cui ad una deposizione clastica grossolana succedono sedimenti prevalentemente argillosi ed una zona centrale, in cui prosegue una sedimentazione torbiditica indisturbata. La deposizione sedimentaria presenta inoltre frequenti variazioni di facies, sia laterali che verticali, come risultato delle particolari condizioni strutturali venutesi a creare in vari settori della pianura in seguito all'evoluzione tettonica.

Nel tardo Messiniano e nel Pliocene inferiore si manifesta un graduale innalzamento del livello delle acque del bacino, che porta al ristabilimento graduale delle condizioni che regnavano in precedenza; come conseguenza si ha la deposizione di successioni trasgressive su aree precedentemente emerse, mentre nelle zone sinclinaliche continuano a deporsi sedimenti torbiditici.



Al termine del Pliocene inferiore un'accentuata attività tettonica porta ad un nuovo piegamento e sollevamento dell'area e quindi all'accentuarsi di alcune strutture preesistenti; nelle aree altimetricamente più elevate, tra cui Camurana ed altri tratti della Dorsale Ferrarese, s'instaurano sensibili fenomeni erosivi.

Con il Pliocene medio inizia una nuova ingressione marina di limitata entità, che comporta la deposizione, nelle aree sinclinali, di depositi torbiditici grossolani.

Il Quaternario segna un abbassamento regionale all'interno del bacino padano, accentuandosi ulteriormente la subsidenza differenziale delle diverse strutture; la diversità di spessore è imputabile alla marcata differenza di subsidenza cui l'area in oggetto è stata sottoposta durante il Quaternario. Il Quaternario si chiude poi con una decisa regressione del dominio marino, con il passaggio da una sedimentazione di tipo marino, che caratterizza il Pliocene e parte del Pleistocene, ad una di tipo continentale, con il colmamento del golfo padano, che si trasforma progressivamente in pianura alluvionale attraverso l'accumulo di sedimenti fluviali e fluvioglaciali, derivanti dal rapido smantellamento e modellamento delle catene montuose circostanti (figura 5.3).

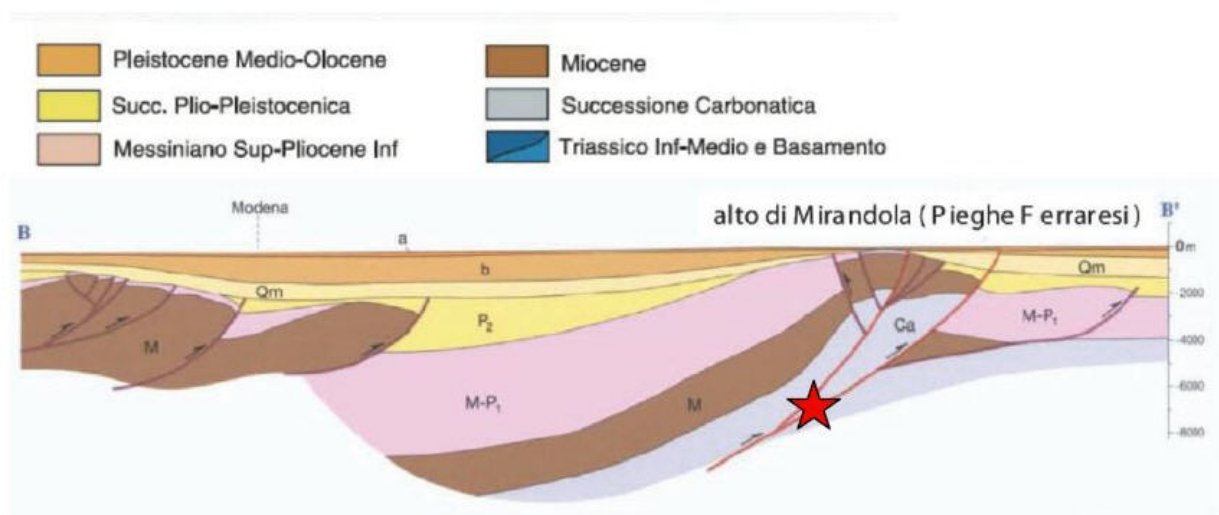


Figura 5.3: Sezione geologica schematica, indicativa della situazione strutturale profonda pianura modenese (da Boccaletti et al. - 2004).

Per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo della pianura modenese si è fatto riferimento ai dati della Regione Emilia Romagna - Agip [1998] e di Amorosi e Farina [1994], Amorosi e Farina [1995], Elmi et al. [1984], Farina et al. [2001b]. Tali lavori sono stati eseguiti essenzialmente tramite correlazione su base litologica e geometrica di dati stratigrafici relativi a sondaggi esistenti e perforazioni a scopo principalmente idropotabile.

Secondo quanto proposto da Regione Emilia Romagna - Agip, 1998, vengono distinte (figura 5.4) 3 sequenze deposizionali, denominate supersintemi:

- 1) Supersintema del Pliocene medio-superiore;
- 2) Supersintema del Quaternario Marino (che in realtà incomincia già dal Pliocene superiore);
- 3) Supersintema Emiliano Romagnolo suddiviso in inferiore e superiore.

Queste tre Sequenze deposizionali corrispondono ai cicli trasgressivo-regressivi P2, Qm, e Qc cartografati in affioramento da Ricci Lucchi et Al. (1982), esse costituiscono la risposta sedimentaria ad altrettante fasi tettoniche regionali.

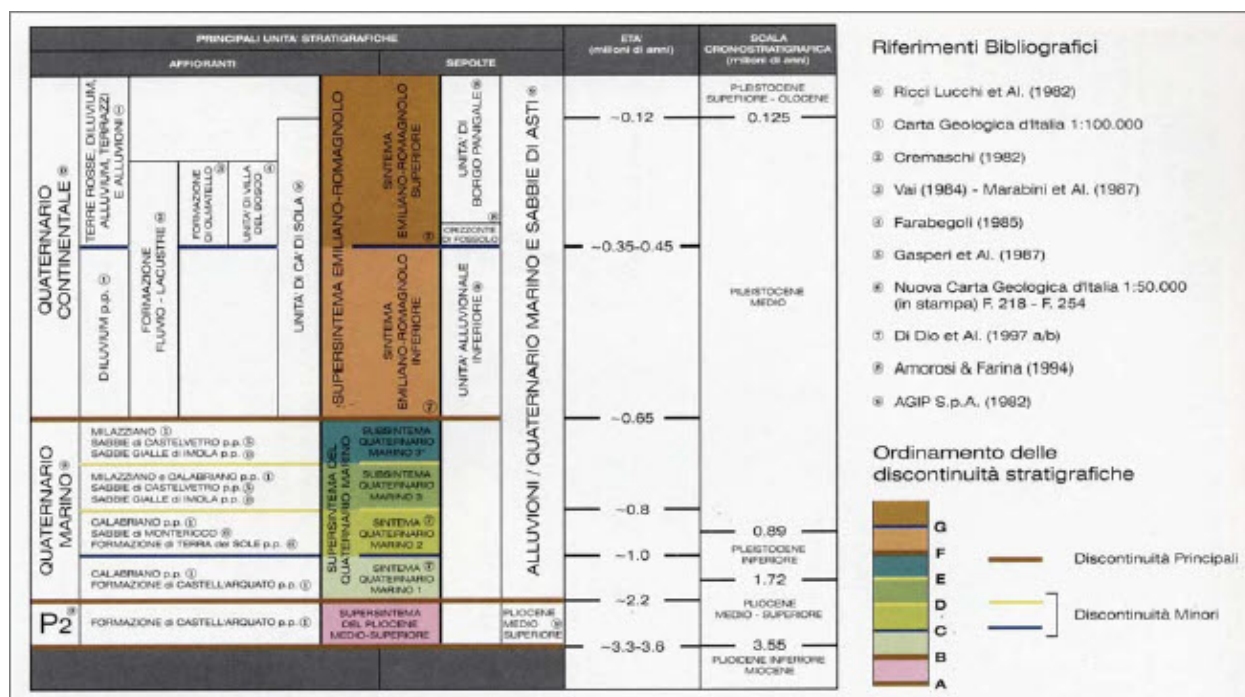


Figura 5.4: Inquadramento geologico stratigrafico della pianura emiliana romagnola.

Nello specifico l'area d'intervento ricade sui terreni appartenenti alla Piana alluvionale (figura 5.5). Essa è costituita da limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie i cori lenticolari e nastriformi, depositi di canale e argine indifferenziati.

Nel dettaglio della cartografia geologica a scala 1:10.000 riportata in figura 5.6 l'area ricade nell'Unità di Modena (AES8a) costituita da Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C Limite inferiore inconforme, marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato contenente resti archeologici di età dal Neolitico al Romano. L'età dell'Unità è riconducibile all'Olocene.



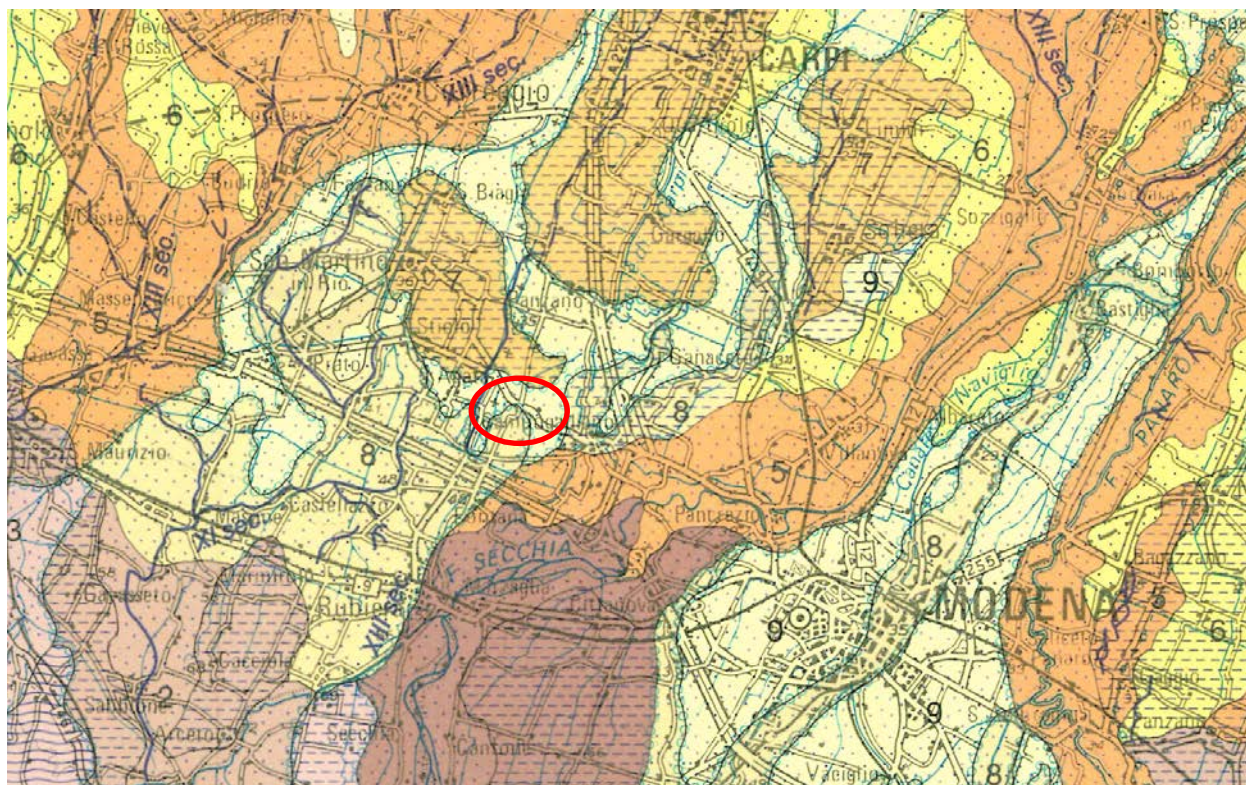


Figura 5.5: Stralcio della carta geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:25.000 (Reg. E-R Ed. 1999).

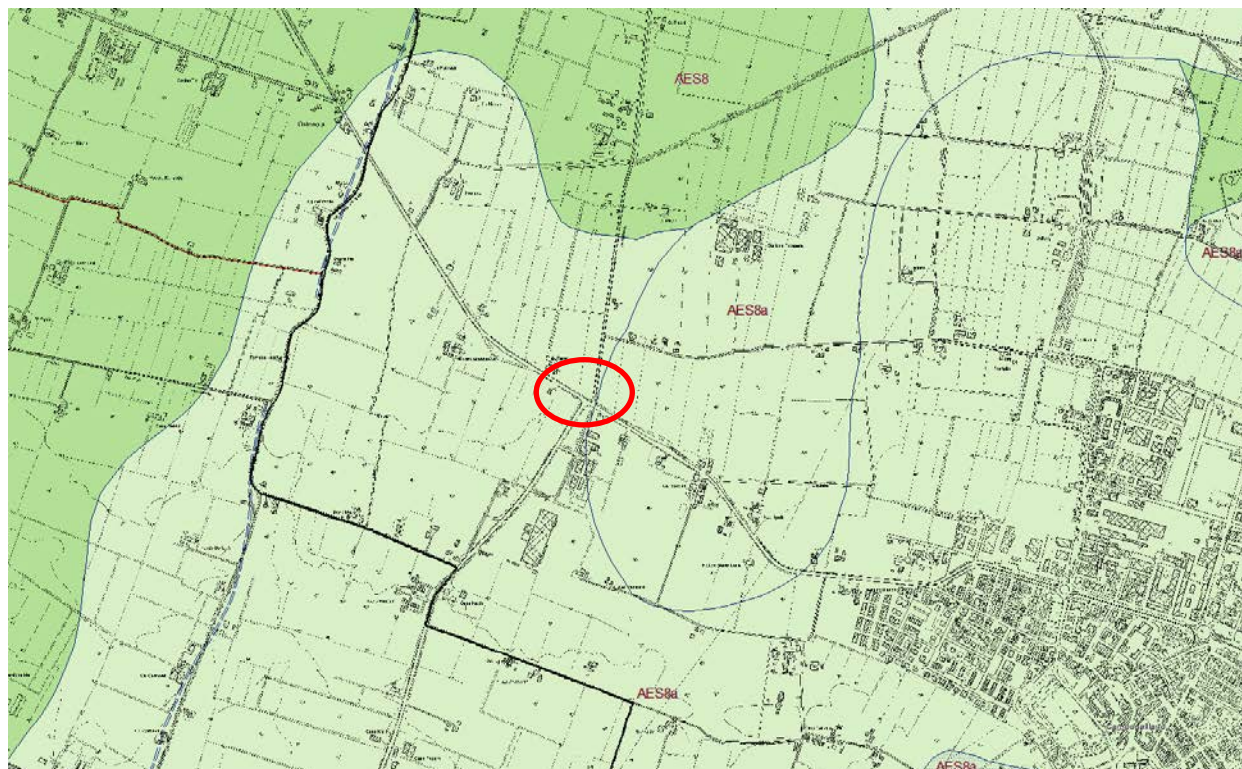


Figura 5.6: Stralcio della carta geologica dell'Emilia-Romagna in scala 1:10.000 (pubblicazione web della Reg. E-R)



Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

*Clayey silt and sandy silt, smaller amounts of fine and very fine sand, in beds tens of centimeters thick; locally sand in lenticular and ribbon-shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.*

*At the top soils of various degree of evolution.*

Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfuviale e depositi di palude.

*Silty clay, clay and laminated clayey silt, locally concentrations of partially decomposed organic matter. Back-*

Regione Emilia Romagna

DIREZIONE GENERALE "SISTEMI INFORMATIVI E TELEMATICA"  
Servizio Sistemi Informativi Geografici  
Ufficio Geologico

## CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELL'EMILIA-ROMAGNA

### GEOLOGICAL MAP OF THE EMILIA-ROMAGNA PLAIN

a cura di Domenico PRETI

#### DEPOSITI ALLUVIONALI ALLUVIAL DEPOSITS

##### CONOIDI E TERRAZZI ALLUVIONALI ALLUVIAL FAN AND TERRACE

1

Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo.

*Gravel and sand in channelled and lenticular bodies amalgamated, intercalated with sand and silty sand in beds tens of centimeters thick. Alluvial fan and terrace.*

*At the top and within, soils of various degrees of evolution.*

2

Sabbie, limi sabbiosi e limi, in strati di spessore decimetrico, ghiaie sabbiose e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo.

*Sand, silty sand and silt in beds tens of centimeters thick; sandy gravel and sand in channelled or lenticular bodies. Fan and terrace deposits.*

*At the top and within, soils of various degree of evolution.*

3

Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo.

*Silt and silty clay in beds tens of centimeters thick; small amounts of gravel and sandy gravel in channelled and lenticular bodies. Alluvial fan and terrace.*

*At the top and within, soils of various degrees of evolution.*

Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi. Depositi alluvionali indifferenziati.

#### UNITA' PEDOSTRATIGRAFICHE PEDOSTRATIGRAPHIC UNITS



Depositi ai primi stadi di alterazione, fronte di alterazione < 1m (50-100 cm).

*At the top, soils with low weathering degree, weathering front < 1m (50-100 cm). Hue of horizons B 2.5Y-10YR.*

*Olocene: tardo antico (VI secolo d.C.) - Età Moderna.*

*Deposits at the first stages of weathering, weathering front < 1m (50-100 cm).*

*At the top, calcareous soils and profile differentiated into horizons A-C, A-Bw-C; Hue of horizons B 2.5Y-10YR.*

*At the top and within, remains from Middle Age to Modern Age.*

*Holocene (VI century A.D. - Modern Age)*



Depositi a basso grado di alterazione, con fronte di alterazione > 1m (100-150 cm).

*At the top, soils with superficial decarbonated or partially decarbonated horizons, and profile differentiated into horizons A-Bw-Bk-C; Hue of horizons B 2.5Y-10YR.*

*Nelle porzioni dell'unità costituite da depositi prevalentemente fini, il fronte di alterazione può raggiungere 3-4 m ed è costituito da più suoli sovrapposti, saldati o distinti, con differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bk-C; Hue degli orizzonti B 2.5Y-10YR.*

*All'interno dei suoli reperti dal Mesolitico all'Età Romana.*

*Nel deposito di cordone litorale e dune eoliche l'elevata antropizzazione unita all'attuale e passata sommersione non consentono il riconoscimento o lo sviluppo del profilo di alterazione proprio di questa unità.*

*Olocene: Mesolitico - Età Romana.*

*Deposits with a low weathering degree, weathering front > 1m (100-150 cm).*

*At the top, soils with superficial decarbonated or partially decarbonated horizons, and profile differentiated into horizons A-Bw-Bk-C; Hue of horizons B 2.5Y-10YR.*

*In the portions of the unit made up of mainly fine deposits, the weathering front may be 3-4 m and is composed of a number of overlapping soils, composite and compound paleosols, and profile differentiated into horizons A-Bw-Bk-C; Hue of horizons B 2.5Y-10YR.*

*Within the soils there remains from Mesolithic Age to Roman Age.*

*On the beach ridges and the eolic dune deposits intense human activity together with present and past submersion, don't allow a record or a development of the weathering profile, which is typical of this unit.*

*Holocene: Mesolithic - Roman Age*

5

#### PIANA ALLUVIONALE ALLUVIAL PLAIN

Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale.

*At the top, soils of various degree of evolution.*

*Medium and fine sand in beds tens of centimeters thick, changing laterally and/or intercalated to fine and very fine silty sand, smaller amount of clayey silt; locally medium and coarse sand in lenticular, ribbon shaped bodies. Channel and proximal levee.*

*At the top, soils with various degree of evolution.*

6

Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale.

*At the top, soils of various degree of evolution.*

*Sandy silt, fine and very fine sand, silty clay and smaller amounts of silty clayey sand intercalated in beds tens of centimeters thick. Distal levee deposits.*

*At the top, soils with various degree of evolution.*

7

Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

*At the top, soils of various degree of evolution.*

*Medium and fine sand, silt and silty clay intercalated in beds tens of centimeters thick; locally medium and coarse sand in lenticular and ribbon shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.*

*At the top soils with various degree of evolution.*

8

Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

*At the top, soils of various degree of evolution.*

*Clayey silt and sandy silt, smaller amounts of fine and very fine sand, in beds tens of centimeters thick; locally sand in lenticular and ribbon-shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.*

*At the top soils of various degree of evolution.*

9

Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfuviale e depositi di palude.

*Silty clay, clay and laminated clayey silt, locally concentrations of partially decomposed organic matter. Back-*

*swamp deposits.*

10

Sabbie medie e grossolane subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi a limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico. Depositi di piana a meandri.

*At the top, soils of various degree of evolution.*

*Medium and coarse sand, to a lesser extent gravel and sandy gravel, smaller amounts of silt and sandy silt in beds tens of centimeters thick. Meander belt deposits.*

*At the top, soils of various degree of evolution.*



traccia di canale estinto  
channel remnant

XV sec.

età: 1709 - XI sec.  
age: 1709 - XI sec.



traccia di canale estinto interpretata  
channel remnant (inferred)



ventaglio di rotta  
crevasse splay



limite del bacino di provenienza  
e deposizione del sedimento  
limit of sediment provenance  
and deposition basin

Figura 5.7: Legenda della carta geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:25.000 (Reg. E-R Ed. 1999).

### **c. Caratterizzazione litologica e stratigrafica**

Le indagini eseguite presso il sito in esame evidenziano una sequenza litostratigrafica in cui si incontrano inizialmente depositi prevalentemente limo-argillosi tipici di zona di piana alluvionale intercalati a sottili e locali depositi limo-sabbiosi e sabbiosi caratteristici dell'ambiente di alveo fluviale.

In corrispondenza delle verticali CPT\_01 e CPT\_02 si è incontrata inoltre, alla profondità variabile tra 6 e 14 metri dal p.c., livelli di sabbie e sabbie limose dello spessore che in alcuni casi è superiore a 4 metri.

Al di sotto di tali livelli sabbiosi riprende la deposizione argilloso-lomosa almeno fino alla profondità indagata di 20 m.

Oltre ad una eterogeneità verticale si osserva una modesta variabilità deposizionale anche in senso orizzontale tra le verticali d'indagine CPT\_01 e CPT\_02.

### **d. Caratterizzazione idrogeologica**

La Pianura Padana, nel suo complesso è un grande bacino sedimentario, caratterizzato da notevole subsidenza, sede di sedimentazione marina fino a tutto il Quaternario antico, mentre dall'Olocene (Quaternario recente) è stato colmato dai depositi morenici e fluvioglaciali, lungo il margine alpino e da depositi fluviali negli altri settori.

In particolare, per quanto riguarda specificatamente il settore emiliano, la pianura alluvionale vede la presenza di sedimenti ghiaiosi indifferenziati in matrice sabbiosa e/o limosa, nella zona di alta pianura, a cui si intercalano, verso nord, strati di materiali fini, presenti sino poco a N delle città di Parma, Reggio Emilia e Modena e di dominio appenninico; nella media pianura sono presenti sedimenti pelitici con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, ad estensione complessivamente ridotta, intercalate in sequenze prevalenti limo-argillose con trasmissività molto bassa, ancora riferibili ai corsi d'acqua appenninici, fino alla direttrice Busseto-Novellara-Concordia-Mirandola, a nord della quale prevalgono i sedimenti sabbiosi depositi dal F. Po, con un acquifero a sabbie prevalenti, idrogeologicamente connesso con il fiume stesso.

Il sistema acquifero è strettamente connesso a tale modello deposizionale: nella zona di media pianura, caratterizzata, come detto, da sequenze limo-argillose con intercalazioni sabbiose, che solo raramente raggiungono il 5% dello spessore totale, gli orizzonti sabbiosi ospitano falde idriche raccordantesi con quelle delle conoidi dell'alta pianura; hanno pertanto una alimentazione abbastanza remota, mentre possono ritenersi trascurabili i fenomeni di infiltrazione diretta dalla superficie, essendo questa caratterizzata prevalentemente da limi e argille. L'acquifero principale, inteso come quello solitamente sfruttato, si presenta quindi generalmente compartimentato, con una potenzialità idrica complessivamente molto scarsa, con valori di trasmissività molto bassi; in superficie (entro i primi 10 m) è frequente riscontrare livelli acquiferi sospesi, di tipo freatico, completamente separati dall'acquifero principale e dotati di acque scadenti.

Secondo le recenti ricerche condotte negli ultimi anni dall'Ufficio Geologico della RER, nel sottosuolo della Regione Emilia Romagna si riconoscono tre Gruppi Acquiferi, separati da barriere di permeabilità, ad estensione regionale, denominati Gruppo Acquifero A, B, e C (figura 5.8).

I tre gruppi acquiferi sono suddivisi in tredici unità idrostratigrafiche inferiori, denominate complessi acquiferi. La distinzione tra gruppo acquifero e complesso acquifero è effettuata sulla base del volume immagazzinato (maggiore nel primo), oltre che sullo spessore e sulla continuità areale dei livelli impermeabili delle diverse unità.



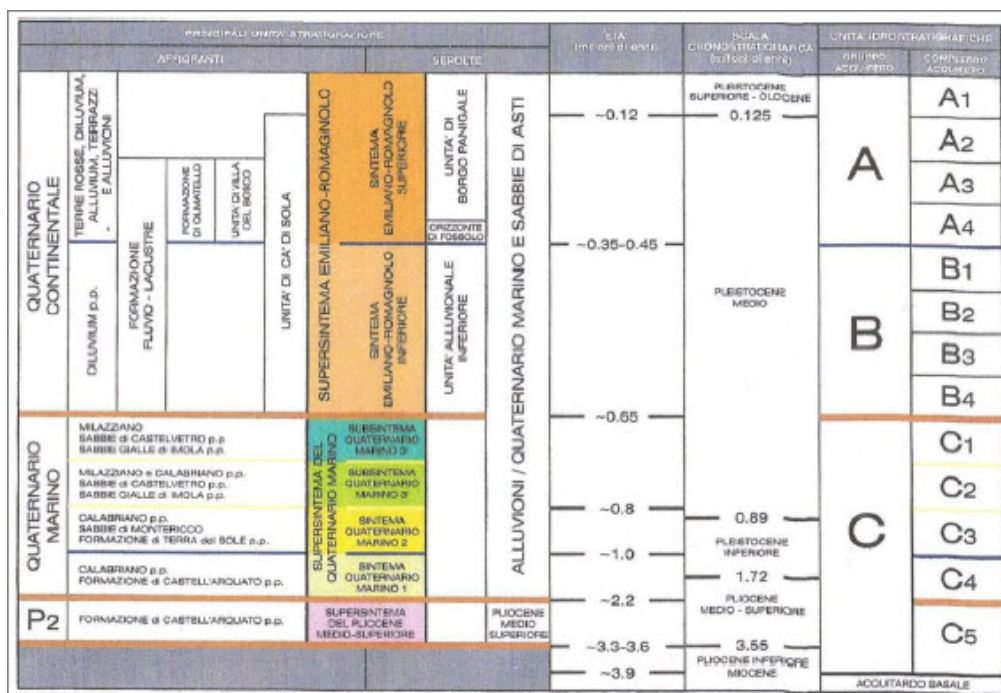


Figura 5.8: Schema delle unità idrostratigrafiche a scala regionale.

Di seguito si riporta la sezione geologica del Fiume Secchia redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna riferita alla conoide alluvionale appenninica.

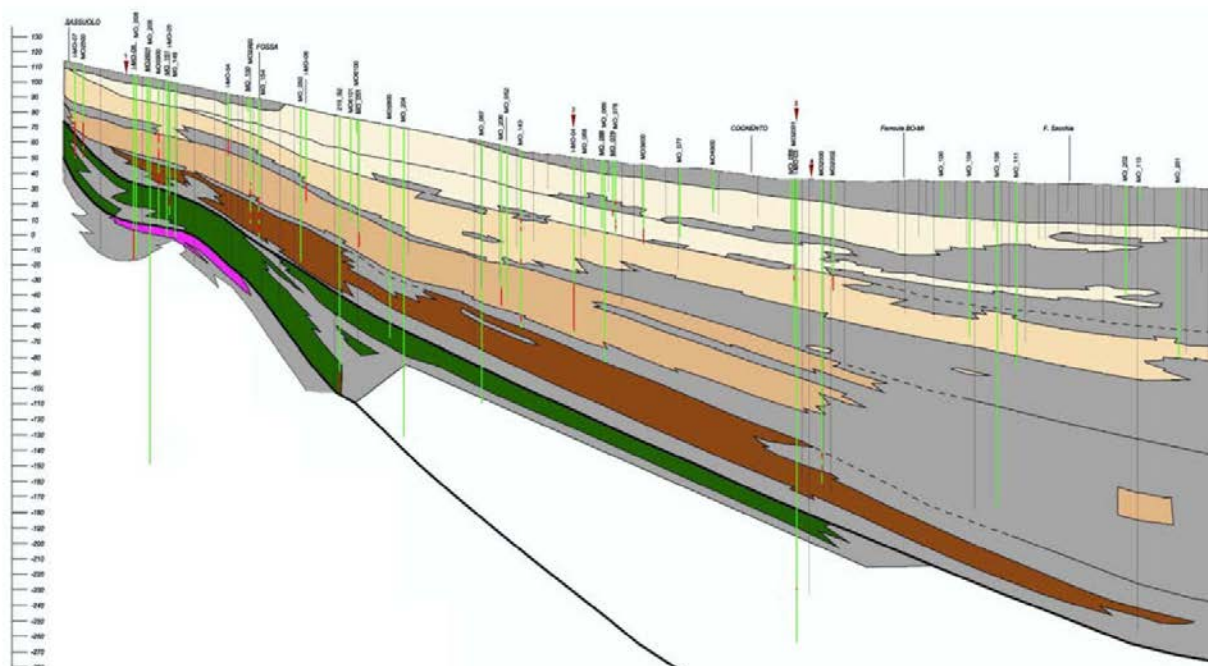


Figura 5.9: Sezione geologica della conoide appenninica del Fiume Secchia (Regione Emilia-Romagna).

Nello specifico dell'area di Campogalliano la falda freatica è attestata ad una profondità variabile da  $-5.00$  a  $-10.00$  metri dal p.c., come evidenziato dalla carta della soggiacenza media della falda (anno 2011) estratta dal "Report sulle acque superficiali e sotterranee in provincia di Modena anno 2010-2011" dell'ARPA Modena (Fig. 5.10). La misura della falda più superficiale, effettuata durante l'esecuzione delle prove geognostiche è pari a  $-1,5$  m dal p.c. leggermente più alta di quella riportata dai dati bibliografici.

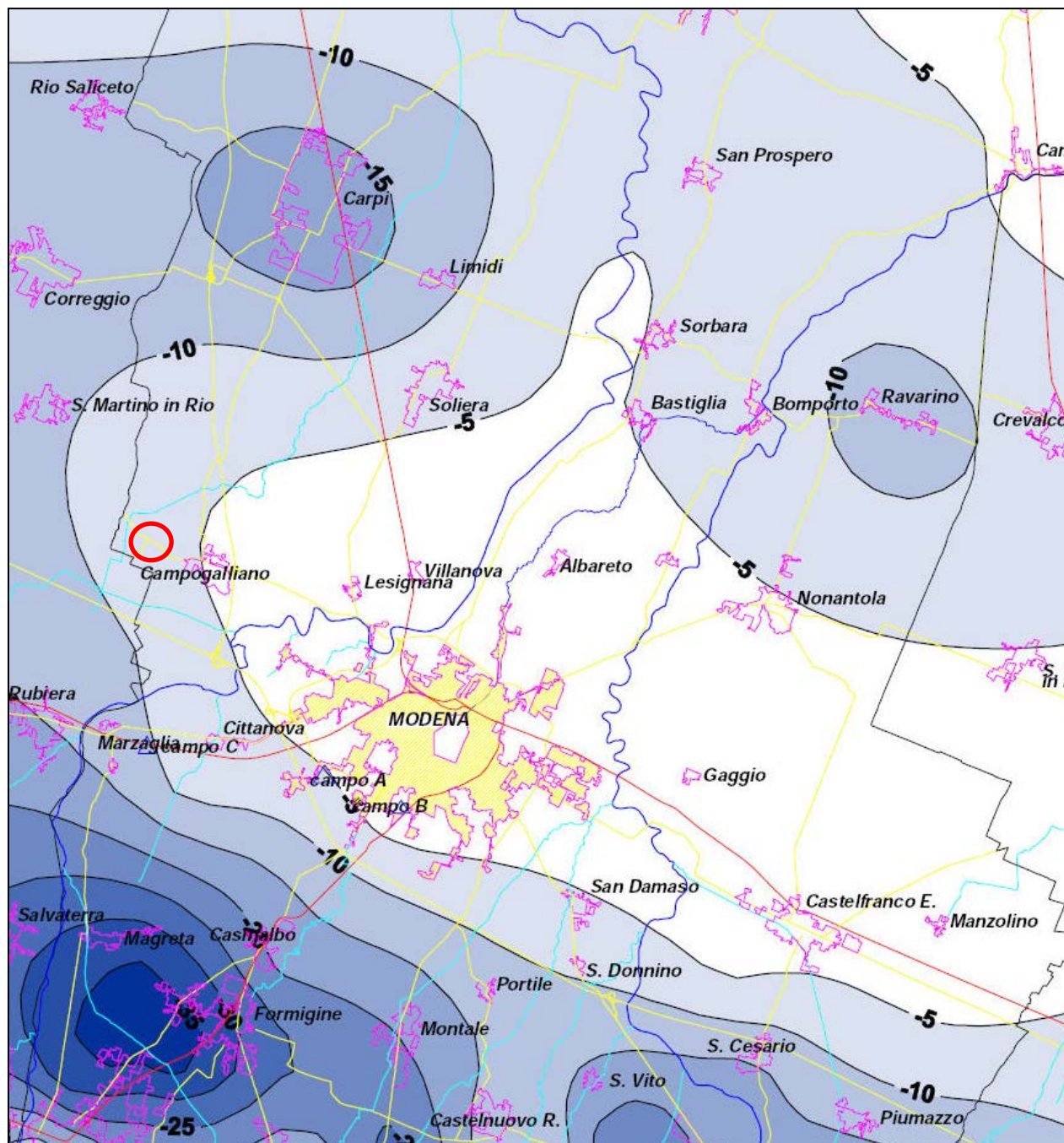


Figura 5.10 – Carta della soggiacenza (m) media anno 2011 (Fonte: ARPA Modena)



## 6. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini geognostiche (prove penetrometriche statiche meccaniche CPT) eseguite nell'area di intervento (figura 6.1):

- n. 2 prove penetrometriche statiche meccaniche CPT 1 e CPT 2 della lunghezza totale di 31.40 m d'indagine;

Le indagini geognostiche sono state eseguite dal Laboratorio di prove geotecniche in sito: Prove Penetrometriche S.r.l. di Castelnuovo Rangone - Modena.



Figura 6.1: Ubicazione delle indagini geognostiche su base Google Earth 2014

Al termine delle indagini penetrometriche è stata misurata la falda acquifera che è risultata attestata a -1.50 m dal p.c..

Nel successivo capitolo della presente relazione sono riportati i diagrammi penetrometrici delle prove effettuate con i relativi parametri geotecnici.

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO

### a. Indagini geognostiche

#### a1. I dati ottenuti

Le indagini geognostiche sono state eseguite dalla ditta Prove Penetrometriche Srl (Castelnuovo Rangone, Modena), dotata di concessione Ministeriale per le indagini geognostiche in sito da parte del Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, in base alla circolare n. 7619/STC del 08/09/2010, facente riferimento all'art. 59 del DPR. 6.6.2001 n. 380; di cui al NUOVO TESTO UNICO, "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" (14/01/2008) cap. 6.2.2.

Per l'ubicazione delle prove si veda la planimetria riportata in figura 6.1, mentre i certificati in originale delle indagini sono riportati di seguito.

Di seguito si descrivono nel dettaglio le modalità esecutive relative delle prove penetrometriche statiche effettuate:

- n. 2 prove penetrometriche statiche meccaniche CPT, denominate CPT 1 nord e CPT 2 sud della lunghezza totale di 31.40 m d'indagine.

#### a2. Interpretazione delle indagini geognostiche

##### a2.1 Prove penetrometriche statiche

Dall'analisi dei valori desunti dalle prove penetrometriche statiche è stato possibile dettagliare e ricostruire la stratigrafia del sottosuolo e determinare i parametri geotecnici di riferimento dei terreni di fondazione. Le prove effettuate hanno confermato la presenza nei terreni di fondazione costituiti da materiali a granulometria prevalentemente fine (Limi argillosi passanti a limi sabbiosi). I valori riportati sia nelle tabelle che nei diagrammi della prova penetrometrica statica meccanica rappresentano i valori della resistenza alla penetrazione della punta meccanica ( $R_p$ ), infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2$  cm/s), espressi in MPa, i valori della resistenza laterale specifica ( $R_l$ ), in MPa ed i valori del rapporto delle resistenze  $R_p/R_l$ .

I parametri geotecnici desunti dall'elaborazione sono riportati nelle tabelle "Parametri geotecnici" di seguito illustrate.

La natura litologica dei terreni oggetto della prova penetrometrica è dedotta dall'analisi dei diagrammi penetrometrici mediante l'interpretazione proposta da Begemann (classica) e Schmertmann.

Si riportano di seguito le elaborazioni delle prove penetrometriche eseguite.





**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**Pagani TG63-100 - 0**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale:  $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta  $S \text{ (Kg)}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t  
1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t  
1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>  
1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>  
1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa  
1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA  
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

**CPT 1 Nord**

riferimento **065-2016**

certificato n° **R06284**

Committente: **Provincia di Modena**

Cantiere: **Realizzazione nuova rotatoria stradale**

Località: **Campogalliano (MO), incrocio SP 13 con via Fornace**

U.M.: **MPa**

Data esec.: **29/11/2016**

Pagina: **1/2**

Data certificato: **30/11/2016**

Elaborato:

Falda: **-1,50 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	90,0	0		15,20	11,0	18,0		1,1	50,0	22	4,5
0,40	12,0	26,0		1,2	130,0	9	10,8	15,40	13,0	21,0		1,3	60,0	22	4,6
0,60	16,0	36,0		1,6	90,0	18	5,6	15,60	15,0	24,0		1,5	80,0	19	5,3
0,80	15,0	29,0		1,5	130,0	12	8,7	15,80	12,0	24,0		1,2	80,0	20	5,0
1,00	11,0	30,0		1,1	80,0	14	7,3	16,00	15,0	24,0		1,5	80,0	19	5,3
1,20	11,0	23,0		1,1	70,0	16	6,4	16,20	18,0	30,0		1,8	110,0	16	6,1
1,40	10,0	20,0		1,0	50,0	20	5,0	16,40	19,0	36,0		1,9	110,0	17	5,8
1,60	9,0	16,0		0,9	30,0	30	3,3	16,60	21,0	37,0		2,1	90,0	23	4,3
1,80	9,0	14,0		0,9	30,0	30	3,3	16,80	18,0	31,0		1,8	130,0	14	7,2
2,00	10,0	15,0		1,0	40,0	25	4,0	17,00	17,0	36,0		1,7	90,0	19	5,3
2,20	9,0	15,0		0,9	30,0	30	3,3	17,20	23,0	37,0		2,3	130,0	18	5,7
2,40	6,0	11,0		0,6	30,0	20	5,0	17,40	20,0	39,0		2,0	110,0	18	5,5
2,60	6,0	10,0		0,6	20,0	30	3,3	17,60	14,0	30,0		1,4	70,0	20	5,0
2,80	7,0	10,0		0,7	40,0	18	5,7	17,80	11,0	22,0		1,1	50,0	22	4,5
3,00	6,0	12,0		0,6	30,0	20	5,0	18,00	11,0	18,0		1,1	40,0	28	3,6
3,20	6,0	10,0		0,6	30,0	20	5,0	18,20	13,0	19,0		1,3	50,0	26	3,8
3,40	4,0	8,0		0,4	20,0	20	5,0	18,40	18,0	26,0		1,8	80,0	23	4,4
3,60	3,0	6,0		0,3	20,0	15	6,7	18,60	15,0	27,0		1,5	80,0	19	5,3
3,80	4,0	7,0		0,4	30,0	13	7,5	18,80	16,0	28,0		1,6	110,0	15	6,9
4,00	8,0	12,0		0,8	30,0	27	3,8	19,00	17,0	34,0		1,7	90,0	19	5,3
4,20	12,0	17,0		1,2	60,0	20	5,0	19,20	15,0	28,0		1,5	70,0	21	4,7
4,40	10,0	19,0		1,0	60,0	17	6,0	19,40	18,0	29,0		1,8	130,0	14	7,2
4,60	12,0	21,0		1,2	60,0	20	5,0	19,60	23,0	42,0		2,3	160,0	14	7,0
4,80	12,0	21,0		1,2	50,0	24	4,2	19,80	26,0	50,0		2,5	170,0	15	6,5
5,00	26,0	34,0		2,5	40,0	65	1,5	20,00	25,0	50,0		2,5			
5,20	17,0	23,0		1,7	50,0	34	2,9								
5,40	7,0	14,0		0,7	30,0	23	4,3								
5,60	13,0	18,0		1,3	50,0	26	3,8								
5,80	5,0	12,0		0,5	30,0	17	6,0								
6,00	7,0	12,0		0,7	90,0	8	12,9								
6,20	20,0	33,0		2,0	40,0	50	2,0								
6,40	19,0	25,0		1,9	70,0	27	3,7								
6,60	9,0	20,0		0,9	50,0	18	5,6								
6,80	32,0	40,0		3,1	90,0	36	2,8								
7,00	27,0	40,0		2,6	10,0	270	0,4								
7,20	7,0	9,0		0,7	30,0	23	4,3								
7,40	14,0	19,0		1,4	20,0	70	1,4								
7,60	13,0	16,0		1,3	30,0	43	2,3								
7,80	8,0	12,0		0,8	50,0	16	6,3								
8,00	10,0	18,0		1,0	30,0	33	3,0								
8,20	11,0	16,0		1,1	30,0	37	2,7								
8,40	11,0	16,0		1,1	50,0	22	4,5								
8,60	17,0	24,0		1,7	30,0	57	1,8								
8,80	28,0	33,0		2,7	130,0	22	4,6								
9,00	44,0	64,0		4,3	80,0	55	1,8								
9,20	38,0	50,0		3,7	40,0	95	1,1								
9,40	42,0	48,0		4,1	70,0	60	1,7								
9,60	36,0	46,0		3,5	30,0	120	0,8								
9,80	50,0	54,0		4,9	70,0	71	1,4								
10,00	30,0	40,0		2,9	80,0	38	2,7								
10,20	51,0	63,0		5,0	30,0	170	0,6								
10,40	40,0	45,0		3,9	50,0	80	1,3								
10,60	30,0	38,0		2,9	30,0	100	1,0								
10,80	34,0	38,0		3,3	50,0	68	1,5								
11,00	43,0	50,0		4,2	70,0	61	1,6								
11,20	25,0	36,0		2,5	40,0	63	1,6								
11,40	22,0	28,0		2,2	90,0	24	4,1								
11,60	26,0	40,0		2,5	70,0	37	2,7								
11,80	14,0	24,0		1,4	70,0	20	5,0								
12,00	35,0	45,0		3,4	40,0	88	1,1								
12,20	48,0	54,0		4,7	60,0	80	1,3								
12,40	53,0	62,0		5,2	90,0	59	1,7								
12,60	50,0	64,0		4,9	170,0	29	3,4								
12,80	40,0	66,0		3,9	120,0	33	3,0								
13,00	36,0	54,0		3,5	80,0	45	2,2								
13,20	37,0	49,0		3,6	70,0	53	1,9								
13,40	110,0	120,0		10,8	150,0	73	1,4								
13,60	97,0	120,0		9,5	180,0	54	1,9								
13,80	75,0	102,0		7,4	180,0	42	2,4								
14,00	75,0	102,0		7,4	180,0	42	2,4								
14,20	17,0	44,0		1,7	130,0	13	7,6								
14,40	14,0	34,0		1,4	70,0	20	5,0								
14,60	14,0	24,0		1,4	70,0	20	5,0								
14,80	12,0	22,0		1,2	60,0	20	5,0								
15,00	13,0	22,0		1,3	50,0	26	3,8								

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



**PROVE PENETROMETRICHE Srl**

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

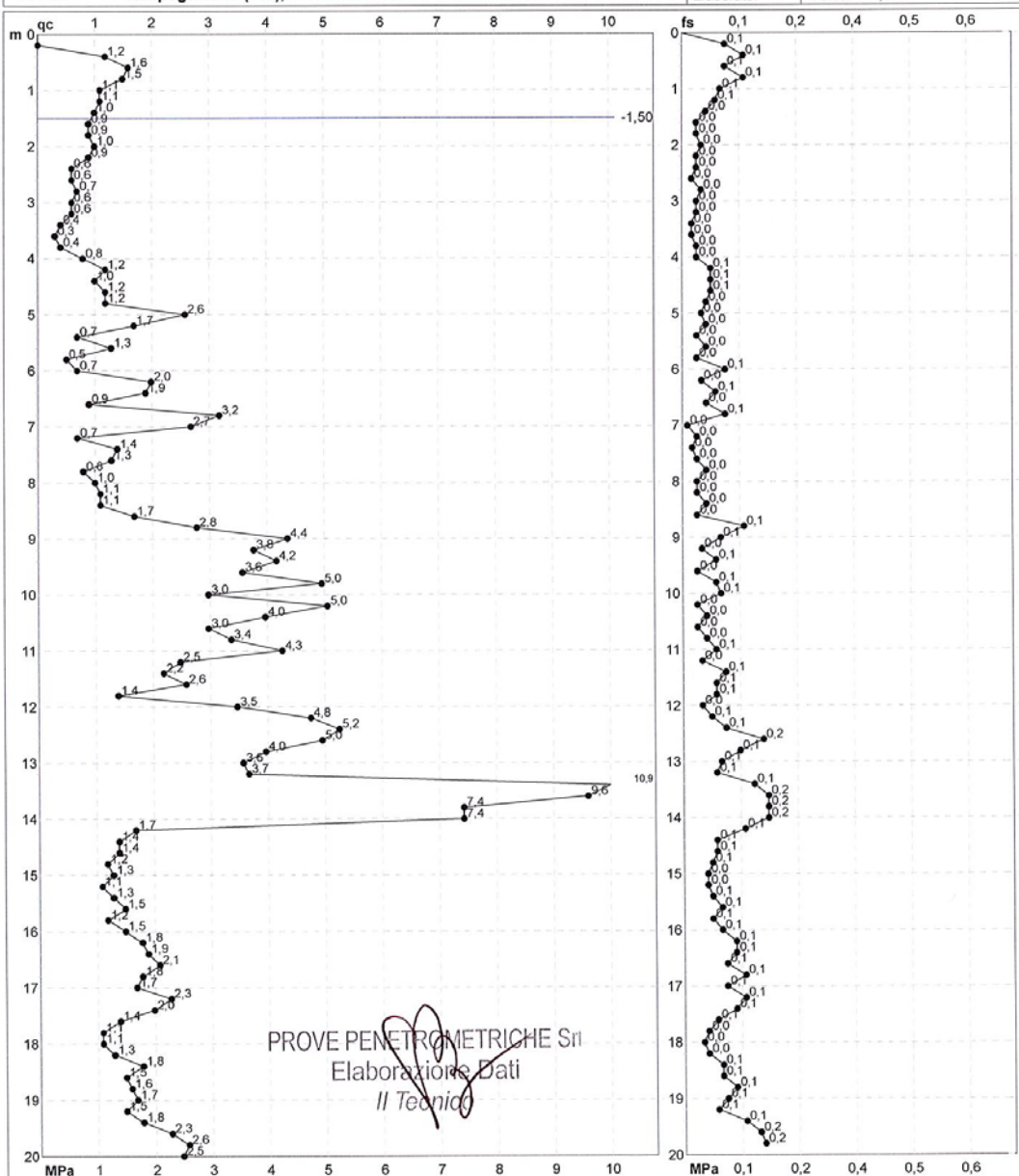
Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

## PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1 Nord
riferimento	065-2016
certificato n°	R06284.

Committente: Provincia di Modena  
Cantiere: Realizzazione nuova rotatoria stradale  
Località: Campogalliano (MO), incrocio SP 13 con via Fornace

U.M.: MPa  
Scala: 1:100  
Pagina: 2/2  
Elaborato:  
Data esec.: 29/11/2016  
Data certificato: 30/11/2016  
Quota inizio: -1,50 m  
Falda: -1,50 m



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: m
Responsabile: Dott. Geol. Davide Gualdi	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Cod. punta:

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820





**PROVE PENETROMETRICHE SRL**

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

**CPT 2 Sud**

riferimento **065-2016**

certificato n° **R06285**

Committente: **Provincia di Modena**

Cantiere: **Realizzazione nuova rotatoria stradale**

Località: **Campogalliano (MO), incrocio SP 13 con via Fornace**

U.M.: **MPa**

Data esec.: **29/11/2016**

Data certificato: **30/11/2016**

Pagina: **1/2**

Elaborato: **Falda: -1,50 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	130,0	0	12,0								
0,40	10,0	29,0		1,0	120,0	8									
0,60	15,0	33,0		1,5	120,0	13	8,0								
0,80	15,0	33,0		1,5	170,0	9	11,3								
1,00	13,0	39,0		1,3	130,0	10	10,0								
1,20	25,0	44,0		2,5	170,0	15	6,8								
1,40	16,0	42,0		1,6	110,0	15	6,9								
1,60	7,0	24,0		0,7	70,0	10	10,0								
1,80	5,0	15,0		0,5	30,0	17	6,0								
2,00	4,0	8,0		0,4	30,0	13	7,5								
2,20	6,0	10,0		0,6	30,0	20	5,0								
2,40	6,0	10,0		0,6	30,0	20	5,0								
2,60	10,0	15,0		1,0	50,0	20	5,0								
2,80	11,0	18,0		1,1	40,0	28	3,6								
3,00	9,0	15,0		0,9	50,0	18	5,6								
3,20	7,0	14,0		0,7	90,0	8	12,9								
3,40	18,0	32,0		1,8	50,0	36	2,8								
3,60	30,0	38,0		2,9	40,0	75	1,3								
3,80	17,0	23,0		1,7	70,0	24	4,1								
4,00	15,0	25,0		1,5	40,0	38	2,7								
4,20	15,0	21,0		1,5	90,0	17	6,0								
4,40	14,0	27,0		1,4	90,0	16	6,4								
4,60	37,0	50,0		3,6	50,0	74	1,4								
4,80	23,0	30,0		2,3	50,0	46	2,2								
5,00	31,0	39,0		3,0	70,0	44	2,3								
5,20	20,0	31,0		2,0	50,0	40	2,5								
5,40	12,0	20,0		1,2	80,0	15	6,7								
5,60	17,0	29,0		1,7	50,0	34	2,9								
5,80	19,0	27,0		1,9	60,0	32	3,2								
6,00	23,0	32,0		2,3	70,0	33	3,0								
6,20	34,0	44,0		3,3	120,0	28	3,5								
6,40	22,0	40,0		2,2	60,0	37	2,7								
6,60	21,0	30,0		2,1	140,0	15	6,7								
6,80	17,0	38,0		1,7	90,0	19	5,3								
7,00	37,0	51,0		3,6	80,0	46	2,2								
7,20	35,0	47,0		3,4	60,0	58	1,7								
7,40	38,0	47,0		3,7	70,0	54	1,8								
7,60	30,0	41,0		2,9	80,0	38	2,7								
7,80	28,0	40,0		2,7	110,0	25	3,9								
8,00	36,0	52,0		3,5	70,0	51	1,9								
8,20	50,0	60,0		4,9	120,0	42	2,4								
8,40	33,0	51,0		3,2	90,0	37	2,7								
8,60	54,0	68,0		5,3	100,0	54	1,9								
8,80	47,0	62,0		4,6	90,0	52	1,9								
9,00	38,0	52,0		3,7	90,0	42	2,4								
9,20	43,0	57,0		4,2	90,0	48	2,1								
9,40	43,0	56,0		4,2	70,0	61	1,6								
9,60	52,0	63,0		5,1	110,0	47	2,1								
9,80	42,0	58,0		4,1	70,0	60	1,7								
10,00	44,0	55,0		4,3	70,0	63	1,8								
10,20	62,0	72,0		6,1	170,0	36	2,7								
10,40	75,0	101,0		7,4	50,0	152	0,7								
10,60	60,0	68,0		5,9	130,0	46	2,2								
10,80	41,0	61,0		4,0	100,0	41	2,4								
11,00	85,0	100,0		8,3	200,0	43	2,4								
11,20	73,0	103,0		7,2	200,0	37	2,7								
11,40	310,0	340,0		30,4	0,0	37	0,0								

PROVE PENETROMETRICHE Srl

Elaborazione Dati

Il Tecnico

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820





**PROVE PENETROMETRICHE SRL**

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

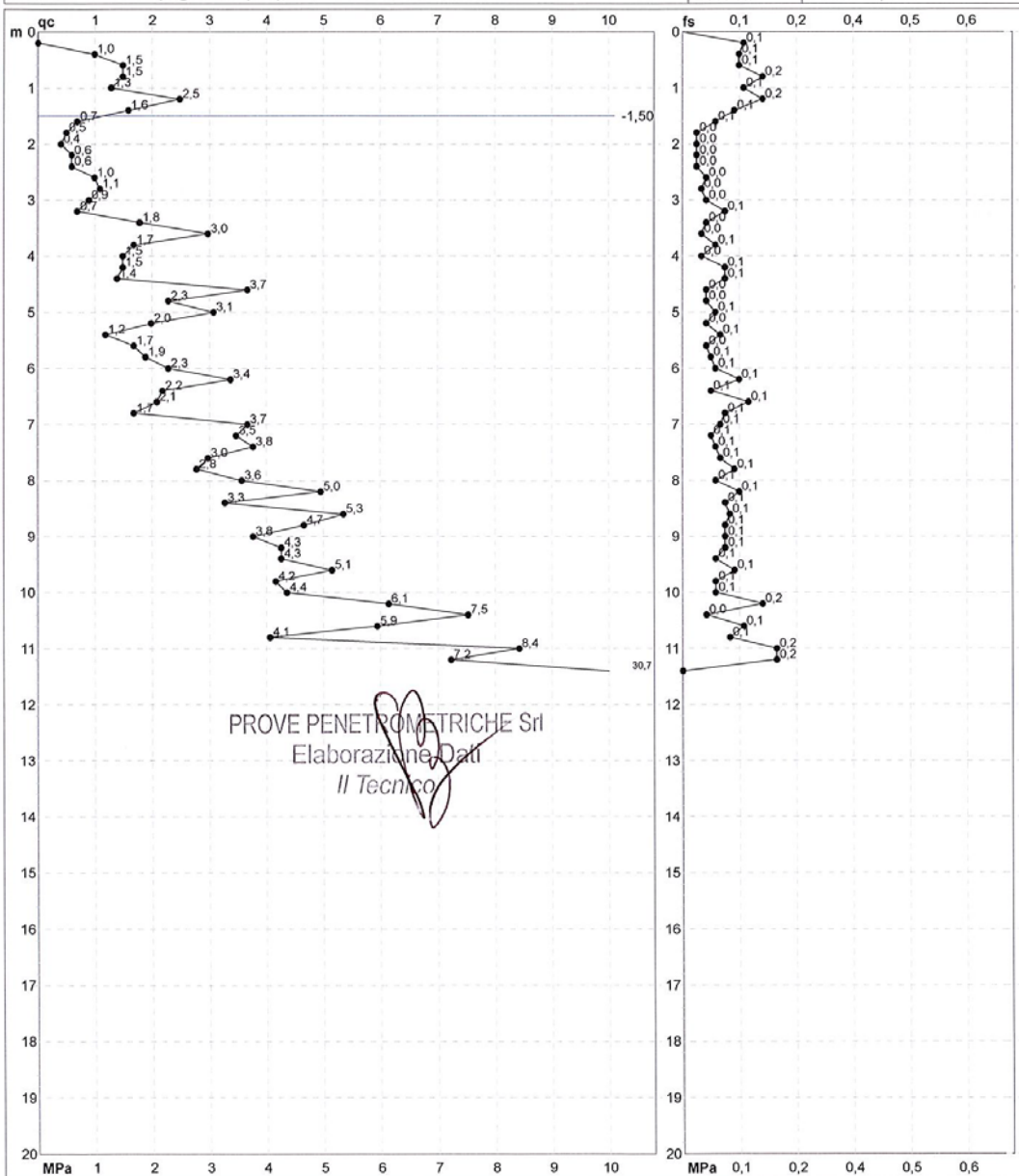
Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

## PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2 Sud
riferimento	065-2016
certificato n°	R06285

Committente: Provincia di Modena  
Cantiere: Realizzazione nuova rotatoria stradale  
Località: Campogalliano (MO), incrocio SP 13 con via Fornace

U.M.: MPa  
Scala: 1:100  
Pagina: 2/2  
Elaborato:  
Data esec.: 29/11/2016  
Data certificato: 30/11/2016  
Quota inizio: -1,50 m  
Falda: -1,50 m



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: m
Responsabile: Dott. Geol. Davide Gualdi	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Cod. punta:

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

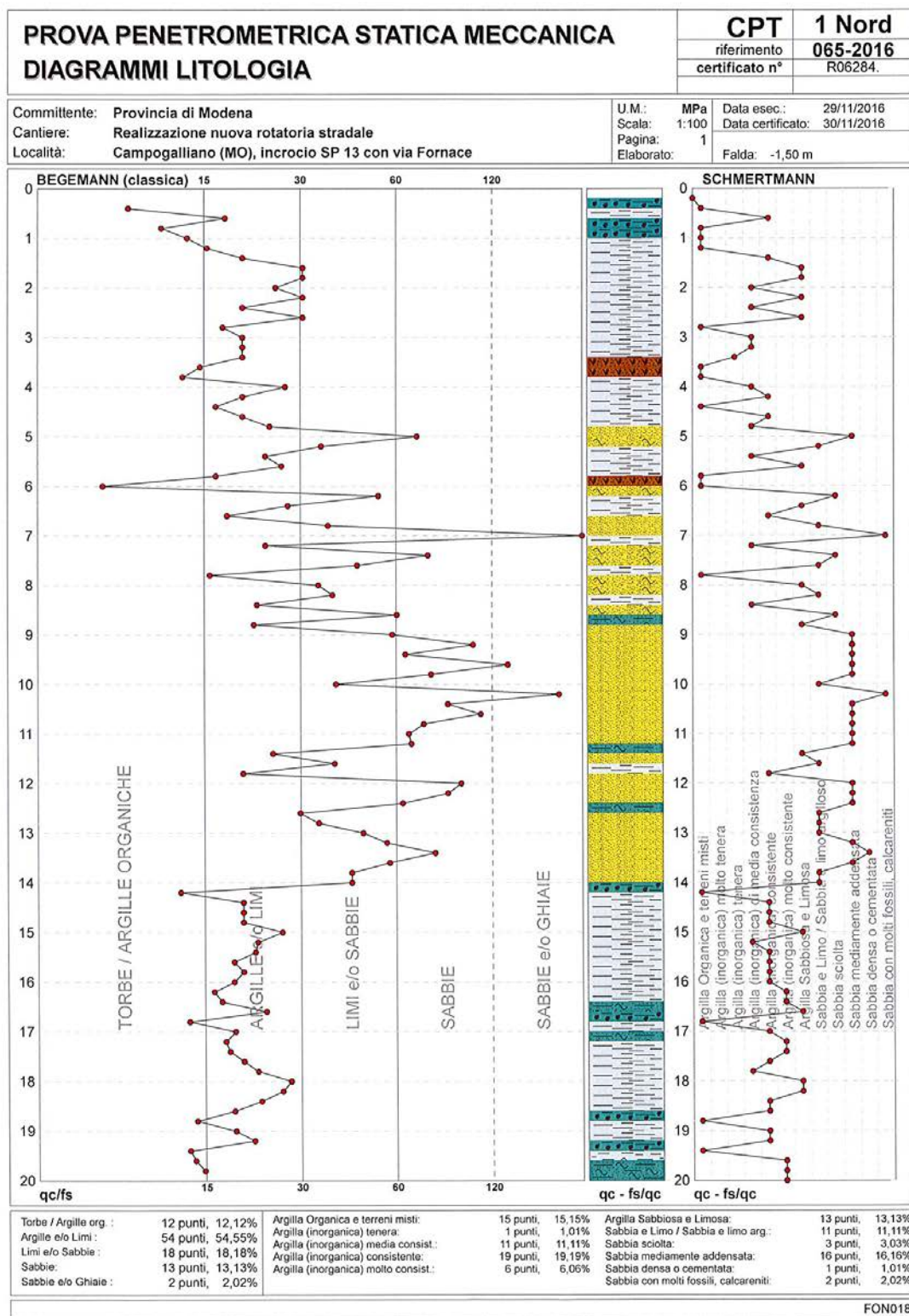
$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \%$  :

- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

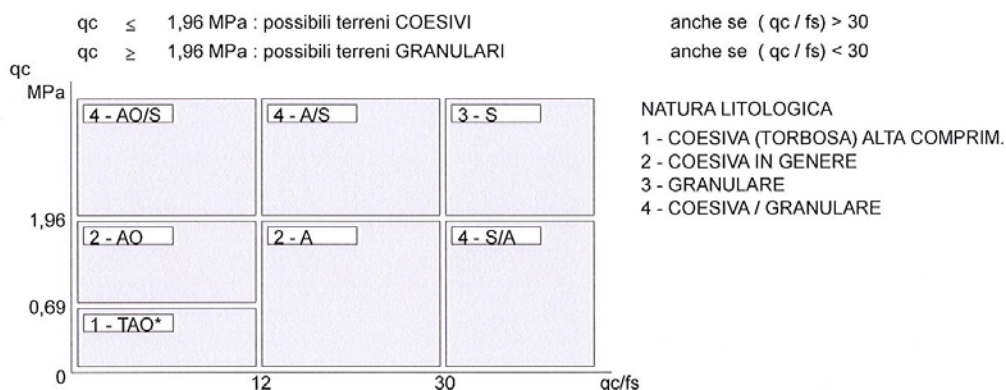






## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$  (Begemann 1965 - A.G.I. 1977)  
prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume ( efficace ) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $qc$  - natura ]  
 ( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )  
 $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica ( efficace ) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )  
 $Cu$  = coesione non drenata ( terreni coesivi ) [ correlazioni :  $Cu$  -  $qc$  ]  
 $OCR$  = grado di sovra consolidazione ( terreni coesivi ) [ correlazioni :  $OCR$  -  $Cu$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
 ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )  
 $Eu$  = modulo di deformazione non drenato ( terreni coesivi ) [ correl. :  $Eu$  -  $Cu$  -  $OCR$  -  $Ip$   $Ip$  = ind.plast. ]  
 $Eu_{50}$  -  $Eu_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico  
 pari al 50-25% ( Duncan & Buchigani 1976 )  
 $E'$  = modulo di deformazione drenato ( terreni granulari ) [ correlazioni :  $E'$  -  $qc$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico  
 pari al 50-25% ( coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
 Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )  
 $Mo$  = modulo di deformazione edometrico ( terreni coesivi e granulari ) [ correl. :  $Mo$  -  $qc$  - natura ]  
 Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )  
 $Dr$  = densità relativa ( terreni granulari N. C. - normalmente consolidati )  
 [ correlazioni :  $Dr$  -  $Rp$  -  $\sigma'_{vo}$  ( Schmertmann 1976 ) ]  
 $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace ( terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  -  $Dr$  -  $qc$  -  $\sigma'_{vo}$  )  
 $\emptyset'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\emptyset'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\emptyset'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\emptyset'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\emptyset'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\emptyset'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)  
 $F.L.$  = fattore di liquefazione (  $F.L.1$  = Sabbie Pulite,  $F.L.2$  = Sabbie Limose )  
 $Vs$  = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA														CPT		1 Nord									
PARAMETRI GEOTECNICI														riferimento		065-2016									
														certificato n°		R06284.									
Committente: Provincia di Modena														U.M.:	MPa	Data esec.:	29/11/2016								
Cantiere: Realizzazione nuova rotatoria stradale														Pagina:	2	Data certificato:	30/11/2016								
Località: Campogalliano (MO), incrocio SP 13 con via Fornace														Elaborato:		Falda:	-1,50 m								
NATURA COESIVA														NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma^*$ t/m³	$\sigma'_{VO}$ kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.		
0,20	--	--	2	1,85	3,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,40	1,2	9,2	2	1,85	7,3	141	56,0	80,8	9,5	14,3	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,60	1,8	17,8	2	1,85	10,9	157	68,2	62,3	11,6	17,4	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,80	1,5	11,5	2	1,85	14,5	154	65,3	41,2	11,1	16,7	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,00	1,1	13,8	2	1,85	18,1	137	52,6	23,8	8,9	13,4	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	1,1	15,7	2	1,85	21,8	137	52,6	18,9	8,9	13,4	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,40	1,0	20,0	2	1,85	25,4	132	49,0	14,3	8,3	12,5	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	0,9	30,0	4	0,85	27,0	127	44,1	11,6	7,5	11,2	3,7	21	34	27	24	22	31	26	--	--	1,5	2,2	2,6		
1,80	0,9	30,0	4	0,85	28,7	127	44,1	10,7	7,5	11,2	3,7	19	34	27	24	22	30	26	--	--	1,5	2,2	2,6		
2,00	1,0	25,0	2	0,90	30,5	132	49,0	11,4	8,3	12,5	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	0,9	30,0	4	0,85	32,1	127	44,1	9,3	7,7	11,5	3,7	16	33	26	23	22	30	26	--	--	1,5	2,2	2,6		
2,40	0,6	20,0	2	0,82	33,8	109	29,4	5,3	9,2	13,8	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	0,6	30,0	4	0,82	35,3	109	29,4	5,0	9,8	14,6	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	0,7	17,5	2	0,84	37,0	115	34,3	5,7	9,9	14,9	3,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	0,6	20,0	2	0,82	38,6	109	29,4	4,5	10,8	16,2	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	0,6	20,0	2	0,82	40,2	109	29,4	4,2	11,2	16,8	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	0,4	20,0	2	0,78	41,7	93	19,6	2,4	10,5	15,7	2,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	0,3	15,0	1	0,46	42,6	84	14,7	1,7	1,3	2,7	0,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	0,4	13,3	1	0,46	43,5	93	19,6	2,3	2,2	3,4	0,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	0,8	26,7	2	0,86	45,2	121	39,2	5,3	12,4	18,6	3,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	1,2	20,0	2	0,92	47,0	141	56,0	7,8	11,4	17,1	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	1,0	16,7	2	0,90	48,8	132	49,0	6,3	12,7	19,1	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	1,2	20,0	2	0,92	50,6	141	56,0	7,1	12,6	18,9	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	1,2	24,0	2	0,92	52,4	141	56,0	6,8	13,3	19,9	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	2,5	65,0	3	0,87	54,1	189	--	--	--	--	--	40	36	29	26	24	33	28	--	--	4,2	6,4	7,6		
5,20	1,7	34,0	3	0,91	55,9	161	70,9	8,5	13,3	19,9	5,3	25	34	27	23	22	30	27	--	--	2,8	4,2	5,0		
5,40	0,7	23,3	2	0,84	57,5	115	34,3	3,3	16,1	24,1	3,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	1,3	26,0	2	0,93	59,3	145	59,3	6,3	15,5	23,2	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	0,5	16,7	2	0,80	60,9	101	24,5	2,0	13,7	20,6	2,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	0,7	7,8	1	0,46	61,8	115	34,3	3,0	3,4	5,1	1,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	2,0	50,0	3	0,93	63,6	171	78,4	8,2	15,2	22,8	5,9	27	35	27	24	22	30	27	--	--	3,3	4,9	5,9		
6,40	1,9	27,1	2	0,96	65,6	168	76,0	7,6	16,0	24,0	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	0,9	18,0	2	0,88	67,3	127	44,1	3,7	19,0	28,5	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	3,1	35,6	3	0,88	69,0	204	--	--	--	--	--	41	36	29	26	24	33	29	--	--	5,2	7,8	9,4		
7,00	2,6	27,0	3	0,87	70,7	192	--	--	--	--	--	35	35	28	25	23	31	28	--	--	4,4	6,6	7,9		
7,20	0,7	23,3	2	0,84	72,4	115	34,3	2,5	18,2	27,4	3,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	1,4	70,0	4	0,89	74,1	150	62,4	5,1	20,4	30,6	4,7	11	33	24	21	20	28	26	--	--	2,3	3,4	4,1		
7,60	1,3	43,3	4	0,88	75,8	145	59,3	4,6	21,1	31,7	4,6	8	32	24	20	19	27	26	--	--	2,1	3,2	3,8		
7,80	0,8	16,0	2	0,86	77,5	121	39,2	2,7	20,3	30,4	3,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	1,0	33,3	3	0,86	79,2	132	49,0	3,4	22,3	33,4	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	1,1	36,7	4	0,87	80,9	137	52,6	3,7	22,8	34,3	4,2	1	31	23	19	18	26	26	--	--	1,8	2,7	3,2		
8,40	1,1	22,0	2	0,91	82,7	137	52,6	3,6	23,3	35,0	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	1,7	56,7	4	0,91	84,5	161	70,9	5,0	23,3	34,9	5,3	15	33	25	21	20	28	27	--	--	2,8	4,2	5,0		
8,80	2,7	21,5	4	0,96	86,3	194	94,6	7,0	21,6	32,4	8,2	31	35	27	24	22	31	28	--	--	4,6	6,9	8,2		
9,00	4,3	30,0	3	0,91	88,1	230	--	--	--	--	--	46	37	29	26	24	33	31	--	--	7,2	10,8	12,9		
9,20	3,7	95,0	3	0,90	89,9	218	--	--	--	--	--	41	36	28	25	24	32	30	--	--	6,2	9,3	11,2		
9,40	4,1	60,0	3	0,90	91,6	226	--	--	--	--	--	44	37	29	26	24	33	30	--	--	6,9	10,3	12,3		
9,60	3,5	120,0	3	0,89	93,4	214	--	--	--	--	--	38	36	28	25	23	32	30	--	--	5,9	8,8	10,6		
9,80	4,9	71,4	3	0,92	95,2	242	--	--	--	--	--	49	37	29	26	25	33	31	--	--	8,2	12,3	14,7		
10,00	2,9	37,5	3	0,88	96,9	199	--	--	--	--	--	31	35	27	24	22	30	29	--	--	7,4	9,9	11,8		
10,20	5,0	170,0	3	0,92	98,7	243	--	--	--	--	--	49	37	29	26	25	33	31	--	--	8,3	12,5	15,0		
10,40	3,9	80,0	3	0,90	100,5	222	--	--	--	--	--	40	36	28	25	23	32	30	--	--	6,5	9,8	11,8		
10,60	2,9	100,0	3	0,88	102,2	199	--	--	--	--	--	30	35	26	23	22	30	29	--	--	4,9	7,4	8,8		
10,80	3,3	68,0	3	0,89	103,9	209	--	--	--	--	--	33	35	27	24	22	31	28	--	--	5,5	8,5	10,5		
11,00	4,2	61,4	3	0,95	105,2	228	--	--	--	--	--	34	35	27	25	23	32	30	--	--	7,0	10,5	12,6		
11,20	2,5	62,5	3	0,86	107,4	186	--	--	--	--	--	22	34	25	22	21	29	28	--	--	4,1	6,1	7,4		
11,40	2,2	24,4	4	0,93	109,2	177	82,9	4,5	30,5	45,7	6,5	17	33	25	21	20	28	28	--	--	3,6	5,4	6,5		
11,60	2,5	37,1	3	0,87	110,9	189	--	--	--	--	--	23	34	25	22	21	29	28	--	--	4,2	6,4	7,6		
11,80	1,4	23,0	2	0,88	112,7	150	62,4	3,0	30,8	46,2	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12,00	3,4	87,5	3	0,89	114,5	211	--	--	--	--	--	32	35	27	23	22	30	29	--	--	5,7	8,6	10,3		
12,20	4,7	80,0	3	0,91	116,3	238	--	--	--	--	--	43	36	28	25	24	32	31	--	--	7,8	11,8	14,1		
12,40	5,2	58,9	3	0,92	118,1	247	--	--	--	--	--	46	37	29	26	24	32	31	--	--	8,7	13,0	15,6		
12,60	4,9	29,4	3	1,01	120,0	242	163,3	9,2	28,6	42,9	14,7	43	36	28	25	24	32	31	--	--	12	18,1	22,3		
12,80	3,9	33,3	3	0,89	121,8	222	--	--	--	--	--	33	35	27	24	22	30	29	--	--	6,5				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA														CPT		2 Sud									
PARAMETRI GEOTECNICI														riferimento		065/2016									
														certificato n°		R06285									
Committente: Provincia di Modena														U.M.: MPa		Data eseg.: 29/11/2016									
Cantiere: Realizzazione nuova rotatoria stradale														Pagina: 2		Data certificato: 30/11/2016									
Località: Campogalliano (MO), incrocio SP 13 con via Fornace														Elaborato:		Falda: -1,50 m									
NATURA COESIVA														NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ U/m³	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.		
0,20	--	--	7 7 7	1,85	3,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,40	1,0	8,3	2	1,85	7,3	132	49,0	68,4	8,3	12,5	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,60	1,5	12,5	2	1,85	10,9	154	65,3	59,0	11,1	16,7	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,80	1,5	8,8	2	1,85	14,5	154	65,3	41,2	11,1	16,7	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,00	1,3	10,0	2	1,85	18,1	145	59,3	27,6	10,1	15,1	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	2,5	14,7	4	1,85	21,8	186	89,1	36,6	15,1	22,7	7,4	61	39	33	30	28	38	28	--	--	--	4,1	6,1	7,4	
1,40	1,6	14,5	2	1,85	25,4	157	68,2	21,6	11,6	17,4	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	0,7	10,0	1	0,46	26,3	115	34,3	8,8	1,5	2,2	1,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	0,5	16,7	2	0,80	27,9	101	24,5	5,3	7,6	11,4	2,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,00	0,4	13,3	1	0,46	28,8	93	19,6	3,9	1,4	2,2	0,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	0,6	20,0	2	0,82	30,4	109	29,4	6,0	8,0	12,0	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	0,6	20,0	2	0,82	32,0	109	29,4	5,7	8,6	12,9	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	1,0	20,0	2	0,90	33,7	132	49,0	10,0	8,3	12,5	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	1,1	27,5	2	0,91	35,5	137	52,6	10,3	8,9	13,4	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	0,9	18,0	2	0,88	37,2	127	44,1	7,8	9,0	13,5	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	0,7	7,8	1	0,46	38,1	115	34,3	5,5	2,0	3,0	1,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	1,8	36,0	4	0,91	39,9	164	73,5	13,5	12,5	18,7	5,5	35	35	29	25	24	32	27	--	--	2,9	4,4	5,3		
3,60	2,9	75,0	3	0,88	41,7	199	--	--	--	--	--	51	37	31	28	26	35	29	--	--	4,9	7,4	8,8		
3,80	1,7	24,3	3	0,97	43,6	161	70,9	11,5	12,1	18,1	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	1,5	37,5	4	0,89	45,3	154	65,3	9,9	11,1	16,7	4,9	26	34	27	24	22	31	27	--	--	2,5	3,7	4,4		
4,20	1,5	16,7	2	0,95	47,2	154	65,3	9,4	11,3	16,9	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	1,4	15,6	2	0,94	49,0	150	62,4	8,5	11,6	17,5	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	3,6	74,0	3	0,89	50,8	216	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	2,3	46,0	3	0,86	52,4	180	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	3,0	44,3	3	0,88	54,2	202	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,20	2,0	40,0	4	0,93	56,0	171	78,4	9,6	13,5	20,2	5,9	30	35	27	24	23	31	27	--	--	--	--	--	--	
5,40	1,2	15,0	2	0,92	57,8	141	56,0	6,0	15,3	22,9	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	1,7	34,0	4	0,91	59,5	161	70,9	7,8	14,4	21,6	5,3	23	34	26	23	22	30	27	--	--	--	--	--	--	
5,80	1,9	31,7	4	0,92	61,3	168	76,0	8,2	14,6	22,0	5,7	26	34	27	24	22	30	27	--	--	--	--	--	--	
6,00	2,3	32,9	3	0,86	63,0	180	--	--	--	--	--	--	32	35	28	24	23	31	28	--	--	--	--	--	
6,20	3,3	28,3	4	0,98	65,0	209	111,1	12,3	18,9	28,3	10,0	45	37	29	26	25	33	29	--	--	--	--	--	--	
6,40	2,2	36,7	3	0,85	66,6	177	--	--	--	--	--	--	29	35	27	24	22	31	28	--	--	--	--	--	
6,60	2,1	15,0	4	0,93	68,5	174	80,7	7,7	16,6	24,9	6,2	27	35	27	23	22	30	27	--	--	--	--	--	--	
6,80	1,7	18,9	2	0,97	70,4	161	70,9	6,3	18,3	27,4	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	3,6	46,3	3	0,89	72,1	216	--	--	--	--	--	--	45	37	29	26	25	33	30	--	--	--	--	--	
7,20	3,4	58,3	3	0,89	73,8	211	--	--	--	--	--	--	43	36	29	26	24	33	29	--	--	--	--	--	
7,40	3,7	54,3	3	0,90	75,6	218	--	--	--	--	--	--	45	37	29	26	24	33	30	--	--	--	--	--	
7,60	2,9	37,5	3	0,88	77,3	199	--	--	--	--	--	--	36	36	28	25	23	32	29	--	--	--	--	--	
7,80	2,7	25,5	4	0,96	79,2	194	94,6	7,8	19,1	28,7	8,2	33	35	27	24	23	31	28	--	--	--	--	--	--	
8,00	3,5	51,4	3	0,89	80,9	214	--	--	--	--	--	--	42	36	29	25	24	32	30	--	--	--	--	--	
8,20	4,9	41,7	3	0,92	82,7	242	--	--	--	--	--	--	52	38	30	27	25	34	31	--	--	--	--	--	
8,40	3,2	36,7	3	0,88	84,4	207	--	--	--	--	--	--	38	36	28	25	23	32	29	--	--	--	--	--	
8,60	5,3	54,0	3	0,92	86,2	249	--	--	--	--	--	--	54	38	30	27	25	34	31	--	--	--	--	--	
8,80	4,6	52,2	3	0,91	88,0	236	--	--	--	--	--	--	49	37	29	26	25	33	31	--	--	--	--	--	
9,00	3,7	42,2	3	0,90	89,8	218	--	--	--	--	--	--	41	36	28	25	24	32	30	--	--	--	--	--	
9,20	4,2	47,8	3	0,91	91,6	228	--	--	--	--	--	--	45	37	29	26	24	33	30	--	--	--	--	--	
9,40	4,2	61,4	3	0,91	93,3	228	--	--	--	--	--	--	44	37	29	26	24	33	30	--	--	--	--	--	
9,60	5,1	47,3	3	0,92	95,1	245	--	--	--	--	--	--	50	37	30	27	25	33	31	--	--	--	--	--	
9,80	4,1	60,0	3	0,90	96,9	226	--	--	--	--	--	--	42	36	28	25	24	32	30	--	--	--	--	--	
10,00	4,3	62,9	3	0,91	98,7	230	--	--	--	--	--	--	44	36	29	25	24	32	31	--	--	--	--	--	
10,20	6,1	36,5	3	0,94	100,5	262	--	--	--	--	--	--	55	38	30	27	25	34	32	--	--	--	--	--	
10,40	7,4	152,0	3	0,96	102,4	283	--	--	--	--	--	--	61	39	31	28	26	35	33	--	--	--	--	--	
10,60	5,9	46,2	3	0,93	104,2	259	--	--	--	--	--	--	53	38	30	27	25	34	32	--	--	--	--	--	
10,80	4,0	41,0	3	0,90	106,0	224	--	--	--	--	--	--	39	36	28	25	23	32	30	--	--	--	--	--	
11,00	8,3	42,5	3	0,98	107,9	295	--	--	--	--	--	--	64	39	31	28	27	36	33	--	--	--	--	--	
11,20	7,2	36,5	3	0,96	109,8	279	--	--	--	--	--	--	58	38	31	28	26	35	32	--	--	--	--	--	
11,40	30,4	--	3	1,15	112,0	481	--	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	41	40	--	--	--	--	--	

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlini 0425-840820

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Cantiere: Località:	
--	--

### Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE  
(CONE PENETRATION TEST)  
CPT

**PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE**

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm / s } \pm 0,5 \text{ cm / s}$ ).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica	$\varnothing$	= 35,7 mm
- area di punta	$A_p$	= $10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono	$\alpha$	= $60^\circ$
- superficie laterale del manicotto	$A_m$	= $150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

**REGISTRAZIONE DATI.**

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in  $\text{Kg/cm}^2$ ) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l’infissione relativa all’infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all’infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all’infissione delle aste esterne ( tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

## METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo “**STATIC PROBING**” della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell’area di base della punta e dell’area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

$$\begin{aligned} A_p &= \text{l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann")} = 10 \text{ cm}^2 \\ A_m &= \text{area del manicotto di frizione} = 150 \text{ cm}^2 \\ C_t &= \text{costante di trasformazione} = 10 \end{aligned}$$

Il programma Static Probing permette inoltre l’archiviazione, la gestione e l’elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un’immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L’utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Q_c (RP) = (LP \times Ct) / 10 \text{ cm}^2.$$

**Resistenza alla punta**

$$Q_l (RL) (fs) = [(LT - LP) \times Ct] / 150 \text{ cm}^2.$$

**Resistenza laterale**

$Q_c (RP)$  = Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / Superficie Punta  $A_p$

$Q_l (RL) (fs)$  = Lettura laterale LT- Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct /  $A_m$  area del manicotto di frizione

**N.B.**

-  $A_p = 10 \text{ cm}^2$  e  $A_m = 150 \text{ cm}^2$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

## VALUTAZIONI STATISTICHE

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### **Medio**

Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

### **Media (+) s**

Media (+) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

### **Media (-) s**

Media (-) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

## CORRELAZIONI

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

#### **INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)**

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 ( consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 ( consigliato per CPT)
- Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)
- Robertson 1983-1986 ( consigliato per CPTE)
- Begemann 1965 ( consigliato per CPT)

#### **Suddivisione delle metodologie di indagine con i Penetrometri statici**

CPT (Cone Penetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)

CPTE (Cone Penetration Test Electric – punta elettrica)

CPTU (Piezocono)

Per quanto riguarda la PUNTA ELETTRICA generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato (anche 2 cm.) rispetto al PUNTA MECCANICA (20 cm.).

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione). Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere  $U_1 - U_2 - U_3$  cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione (che è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione) può essere positiva o negativa e generalmente varia da (-1 a max. + 10-20 kg/cmq) ed è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione. Per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi :

**Area punta del cono** (area esterna punta)

**Area interna punta del cono** (area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto). Generalmente il rapporto tra le aree varia da (0,70 – 1,00).



**Il Passo del penetrometro** (l'intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm., per le punte elettriche-piezoconi può essere di 2 cm).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale fs con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del Ic (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

## **CORRELAZIONI GEOTECNICHE**

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la Qc media, la fs media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

## **TERRENI INCOERENTI**

### ***Angolo di Attrito***

Angolo di Attrito (Durgunouglu-Mitchell 1973-1975) – per sabbie N.C. e S.C. non cementate

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951) – per sabbie N.C. e S.C.

Angolo di Attrito Herminier

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Koppejan) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983) - per sabbie non cementate quarzose

Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

### ***Densità relativa (%)***

Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976) - per sabbie NC non cementate

Densità Relativa (Schmertmann)

Densità Relativa (Harman 1976)

Densità Relativa (Lancellotta 1983)

Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

### ***Modulo di Young***

Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978) Ey (25) – Ey(50) - modulo secante riferito rispettivamente al 25 % e 50 % del valore di rottura – prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) Ey (25) – Ey(50)- per sabbie NC Quarzose.

Modulo di Young (ISOPT-1 1988) Ey (50) - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

### ***Modulo Edometrico***

Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC  
Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990)  
Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie  
Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

***Peso di Volume***

Peso di Volume (Meyerhof) -  
Peso di Volume saturo (Meyerhof) -

***Modulo di deformazione di taglio***

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

***Potenziale di Liquefazione***

Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT) – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat. – N.B. la liquefazione è assente per  $F_s \geq 1,25$ , possibile per  $F_s=1,0-1,25$  e molto probabile per  $F_s < 1$

***Fattori di compressibilità***

Ramo di carico C ( autori vari)  
Ramo di carico medio  $C_{rm}$  (autori vari)

***OCR*** - Grado di Sovraconsolidazione

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)  
Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977)

***Modulo Di Reazione  $K_0$***

(Kulhawy Maine, 1990).

***Correlazione NSPT***

Meardi – Meigh 1972  
Meyerhof

**TERRENI COESIVI**

***Coesione Non Drenata***

Coesione non drenata (Lunne & Eide)  
Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari  
Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di  $N_k$  (generalmente variabile da 11 a 25)  
Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979)  
Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale)  
Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981)  
Coesione non drenata (Kjekstad. 1978 )  
Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977)  
Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)  
Coesione non drenata (Begemann)  
Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

***Indice Di Compressione  $C$***

Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann)  
Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann 1978)

Fattore di compressibilità ramo di carico C (Piacentini-Righi Inacos 1978)  
Fattore di compressibilità medio ramo di carico Crm (Piacentini-Righi Inacos 1978).

### **Modulo Edometrico-Confinato**

Mitchell - Gardnerr (1975) Mo (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>) per limi e argille.  
Metodo generale del modulo edometrico.  
Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici (W 90-130)  
Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille copatte

Valore medio degli autori su suoli coesivi

### **Modulo di deformazione non drenato**

Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)  
Modulo di deformazione non drenato Eu (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore  $n$   $30 < n < 1500$  sulla base di esperienze acquisite e del tipo litologico)

### **Peso di Volume**

Peso di Volume terreni coesivi (t/m<sup>3</sup>) (Meyerhof)  
Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/m<sup>3</sup>) (Meyerhof)

### **Modulo di deformazione di taglio**

Imai & Tonouchi (1982)

### **OCR**

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)  
Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto  
Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978

### **Coefficiente Di Consolidazione Verticale**

Coefficiente di Consolidazione Cv (Piacentini-Righi, 1988)

### **Permeabilità**

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988 )  
PROVA ...CPT 01 Nord

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 29/11/2016

Profondità prova: 20,00 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,093	0,0	
0,40	1,20	2,6	1,2	0,133	9,023	11,1
0,60	1,60	3,6	1,6	0,093	17,204	5,8
0,80	1,50	2,9	1,5	0,127	11,811	8,5
1,00	1,10	3,0	1,1	0,08	13,75	7,3
1,20	1,10	2,3	1,1	0,067	16,418	6,1

1,40	1,00	2,0	1,0	0,047	21,277	4,7
1,60	0,90	1,6	0,9	0,033	27,273	3,7
1,80	0,90	1,4	0,9	0,033	27,273	3,7
2,00	1,00	1,5	1,0	0,04	25,0	4,0
2,20	0,90	1,5	0,9	0,033	27,273	3,7
2,40	0,60	1,1	0,6	0,027	22,222	4,5
2,60	0,60	1,0	0,6	0,02	30,0	3,3
2,80	0,70	1,0	0,7	0,04	17,5	5,7
3,00	0,60	1,2	0,6	0,027	22,222	4,5
3,20	0,60	1,0	0,6	0,027	22,222	4,5
3,40	0,40	0,8	0,4	0,02	20,0	5,0
3,60	0,30	0,6	0,3	0,02	15,0	6,7
3,80	0,40	0,7	0,4	0,027	14,815	6,8
4,00	0,80	1,2	0,8	0,033	24,242	4,1
4,20	1,20	1,7	1,2	0,06	20,0	5,0
4,40	1,00	1,9	1,0	0,06	16,667	6,0
4,60	1,20	2,1	1,2	0,06	20,0	5,0
4,80	1,20	2,1	1,2	0,053	22,642	4,4
5,00	2,60	3,4	2,6	0,04	65,0	1,5
5,20	1,70	2,3	1,7	0,047	36,17	2,8
5,40	0,70	1,4	0,7	0,033	21,212	4,7
5,60	1,30	1,8	1,3	0,047	27,66	3,6
5,80	0,50	1,2	0,5	0,033	15,152	6,6
6,00	0,70	1,2	0,7	0,087	8,046	12,4
6,20	2,00	3,3	2,0	0,04	50,0	2,0
6,40	1,90	2,5	1,9	0,073	26,027	3,8
6,60	0,90	2,0	0,9	0,053	16,981	5,9
6,80	3,20	4,0	3,2	0,087	36,782	2,7
7,00	2,70	4,0	2,7	0,013	207,692	0,5
7,20	0,70	0,9	0,7	0,033	21,212	4,7
7,40	1,40	1,9	1,4	0,02	70,0	1,4
7,60	1,30	1,6	1,3	0,027	48,148	2,1
7,80	0,80	1,2	0,8	0,053	15,094	6,6
8,00	1,00	1,8	1,0	0,033	30,303	3,3
8,20	1,10	1,6	1,1	0,033	33,333	3,0
8,40	1,10	1,6	1,1	0,047	23,404	4,3
8,60	1,70	2,4	1,7	0,033	51,515	1,9
8,80	2,80	3,3	2,8	0,133	21,053	4,8
9,00	4,40	6,4	4,4	0,08	55,0	1,8
9,20	3,80	5,0	3,8	0,04	95,0	1,1
9,40	4,20	4,8	4,2	0,067	62,687	1,6
9,60	3,60	4,6	3,6	0,027	133,333	0,8
9,80	5,00	5,4	5,0	0,067	74,627	1,3
10,00	3,00	4,0	3,0	0,08	37,5	2,7
10,20	5,10	6,3	5,1	0,033	154,545	0,6
10,40	4,00	4,5	4,0	0,053	75,472	1,3
10,60	3,00	3,8	3,0	0,027	111,111	0,9
10,80	3,40	3,8	3,4	0,047	72,34	1,4
11,00	4,30	5,0	4,3	0,073	58,904	1,7
11,20	2,50	3,6	2,5	0,04	62,5	1,6
11,40	2,20	2,8	2,2	0,093	23,656	4,2
11,60	2,60	4,0	2,6	0,067	38,806	2,6
11,80	1,40	2,4	1,4	0,067	20,896	4,8
12,00	3,50	4,5	3,5	0,04	87,5	1,1
12,20	4,80	5,4	4,8	0,06	80,0	1,3
12,40	5,30	6,2	5,3	0,093	56,989	1,8
12,60	5,00	6,4	5,0	0,173	28,902	3,5
12,80	4,00	6,6	4,0	0,12	33,333	3,0
13,00	3,60	5,4	3,6	0,08	45,0	2,2
13,20	3,70	4,9	3,7	0,067	55,224	1,8
13,40	11,00	12,0	11,0	0,153	71,895	1,4
13,60	9,70	12,0	9,7	0,18	53,889	1,9



13,80	7,50	10,2	7,5	0,18	41,667	2,4
14,00	7,50	10,2	7,5	0,18	41,667	2,4
14,20	1,70	4,4	1,7	0,133	12,782	7,8
14,40	1,40	3,4	1,4	0,067	20,896	4,8
14,60	1,40	2,4	1,4	0,067	20,896	4,8
14,80	1,20	2,2	1,2	0,06	20,0	5,0
15,00	1,30	2,2	1,3	0,047	27,66	3,6
15,20	1,10	1,8	1,1	0,053	20,755	4,8
15,40	1,30	2,1	1,3	0,06	21,667	4,6
15,60	1,50	2,4	1,5	0,08	18,75	5,3
15,80	1,20	2,4	1,2	0,06	20,0	5,0
16,00	1,50	2,4	1,5	0,08	18,75	5,3
16,20	1,80	3,0	1,8	0,113	15,929	6,3
16,40	1,90	3,6	1,9	0,107	17,757	5,6
16,60	2,10	3,7	2,1	0,087	24,138	4,1
16,80	1,80	3,1	1,8	0,127	14,173	7,1
17,00	1,70	3,6	1,7	0,093	18,28	5,5
17,20	2,30	3,7	2,3	0,127	18,11	5,5
17,40	2,00	3,9	2,0	0,107	18,692	5,4
17,60	1,40	3,0	1,4	0,073	19,178	5,2
17,80	1,10	2,2	1,1	0,047	23,404	4,3
18,00	1,10	1,8	1,1	0,04	27,5	3,6
18,20	1,30	1,9	1,3	0,053	24,528	4,1
18,40	1,80	2,6	1,8	0,08	22,5	4,4
18,60	1,50	2,7	1,5	0,08	18,75	5,3
18,80	1,60	2,8	1,6	0,113	14,159	7,1
19,00	1,70	3,4	1,7	0,087	19,54	5,1
19,20	1,50	2,8	1,5	0,073	20,548	4,9
19,40	1,80	2,9	1,8	0,127	14,173	7,1
19,60	2,30	4,2	2,3	0,16	14,375	7,0
19,80	2,60	5,0	2,6	0,167	15,569	6,4
20,00	2,50	5,0	2,5	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,40	0,771	0,091	15,9	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
6,00	0,737	0,039	17,8	Coesivo	Argille
14,00	2,925	0,072	19,9	Incoerente-Coesivo	Limi - Argille Sabbiose
20,00	1,525	0,086	18,8	Coesivo	Argille

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 01 Nord

##### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimenta le	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,40	0,771	0,091	43,52	57,66	50,66	44,70	39,99	38,25
Strato 2	6,00	0,737	0,039	39,83	51,33	44,92	39,64	35,46	37,27
Strato 3	14,00	2,925	0,072	161,78	166,40	182,75	161,25	144,28	146,12
Strato 4	20,00	1,525	0,086	77,74	84,09	80,35	70,90	63,43	76,49

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	1,40	0,771	0,091	3,86	3,73	4,63	2,31
Strato 2	6,00	0,737	0,039	3,69	3,62	4,42	2,21
Strato 3	14,00	2,925	0,072	7,31	5,85	8,77	8,77
Strato 4	20,00	1,525	0,086	7,63	4,73	9,15	4,57

Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,40	0,771	0,091	28,50	1,15
Strato 2	6,00	0,737	0,039	26,08	1,12
Strato 3	14,00	2,925	0,072	105,92	4,38
Strato 4	20,00	1,525	0,086	50,90	2,29

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1,40	0,771	0,091	Imai & Tomauchi	9,68
Strato 2	6,00	0,737	0,039	Imai & Tomauchi	9,42
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Imai & Tomauchi	21,86
Strato 4	20,00	1,525	0,086	Imai & Tomauchi	14,68

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History
Strato 1	1,40	0,771	0,091	1,61
Strato 2	6,00	0,737	0,039	<0,5
Strato 3	14,00	2,925	0,072	0,68
Strato 4	20,00	1,525	0,086	<0,5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1,40	0,771	0,091	Meyerhof	17,79
Strato 2	6,00	0,737	0,039	Meyerhof	17,64
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Meyerhof	19,95
Strato 4	20,00	1,525	0,086	Meyerhof	18,74

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1,40	0,771	0,091	Meyerhof	18,57
Strato 2	6,00	0,737	0,039	Meyerhof	18,42
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Meyerhof	20,73
Strato 4	20,00	1,525	0,086	Meyerhof	19,53

## TERRENI INCOERENT I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985
Strato 3	14,00	2,925	0,072	31,17	25,84	29,87	31,71	14,61

Angolo di resistenza al taglio (°)

Prof.	qc	fs	Durguno	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmert	Robertso	Herminie	Meyerho
-------	----	----	---------	--------	----------	---------	---------	----------	----------	---------

	Strato (m)	(Mpa)	(Mpa)	uglu- Mitchell 1973				mann	n & Campane lla 1983	r	f 1951
Strato 3	14,00	2,925	0,072	30,59	26,53	23,37	21,95	31,62	33,52	23,08	30,39

Modulo di Young (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 3	14,00	2,925	0,072	7,31	5,85	37,73

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 3	14,00	2,925	0,072	3,26	11,47	21,13	5,85	14,62

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Imai & Tomauchi	21,86

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 3	14,00	2,925	0,072	0,68	6,86	<0.5	3,7

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Ko
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Kulhawy & Mayne (1990)	0,27

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	C	Crm
Strato 3	14,00	2,925	0,072	0,11159	0,01451

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Meyerhof	17,65

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Meyerhof	20,59

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,15

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Robertson & Wride 1997	1,078

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
--	---------------------	-------------	-------------	--------------	------------------------

Strato 1	1,40	0,771	0,091	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	6,00	0,737	0,039	Piacentini-Righi 1988	7,223985E-10
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Piacentini-Righi 1988	6,71102E-05
Strato 4	20,00	1,525	0,086	Piacentini-Righi 1988	4,319313E-11

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1,40	0,771	0,091	Piacentini-Righi 1988	2,358604E-07
Strato 2	6,00	0,737	0,039	Piacentini-Righi 1988	1,628714E-05
Strato 3	14,00	2,925	0,072	Piacentini-Righi 1988	6,005027
Strato 4	20,00	1,525	0,086	Piacentini-Righi 1988	2,015047E-06



## 8. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE

### a. Sismicità delle aree di interesse

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 17 gennaio 2018 recante aggiornamento delle "norme tecniche per le costruzioni".

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione ( $a_g$ ).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone" all'allegato 1.A" sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 8.1):

Tabella 8.1: Valori di accelerazione al suolo  $a_g$

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ) – OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ ) – OPCM 3472
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 g$	$0.35 g$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 g$	$0.25 g$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 g$	$0.15 g$
4	$\leq 0.05 g$	$0.05 g$

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 8.2).

Tabella 8.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo  $a_g$

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	$a_g$
Campogalliano	n.c.	3	$0.15 g$

## b. Sismicità storica delle aree di intervento

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. In particolare sono evidenti gli alti di Mirandola – San Possidonio e Finale Emilia (tra Reggio Emilia e Ferrara), di San Bartolomeo in Bosco (a sud di Ferrara) e di Bondeno-Casaglia-Occhiobello (a nord-ovest di Ferrara), dove la base del SERS è a una profondità inferiore a 100 m s.l.m. Queste zone di alto ricadono tutte sul culmine della dorsale ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo – pleistocenica di questa struttura.

Lo studio in dettaglio delle strutture sepolte della Pianura Padana è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma; risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità prossima attorno ai 200 m.

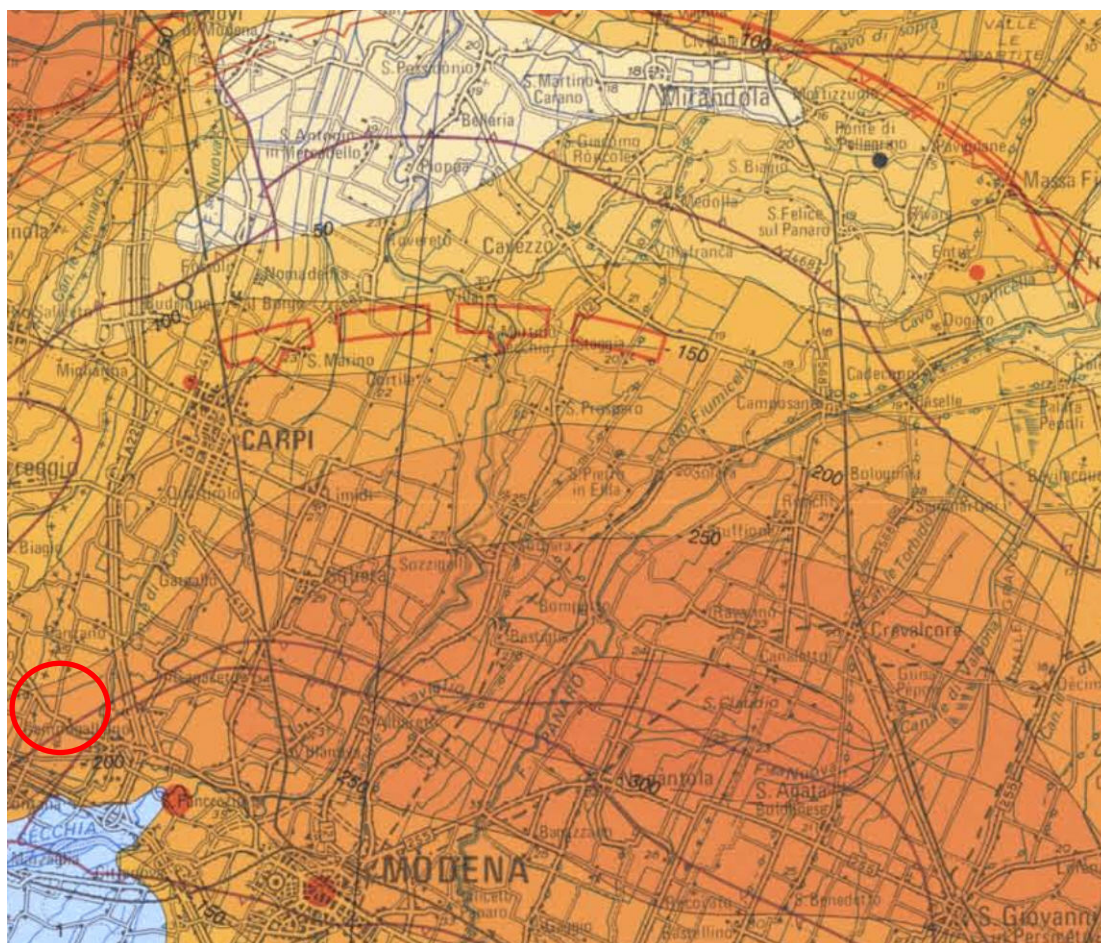


Figura 8.1: Carta Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna (2004).

Nella tabella 8.3 sono riportati i dati storici del comune di Campogalliano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

### Campogalliano



PlaceID	IT_38179
Coordinate (lat, lon)	44.690, 10.841
Comune (ISTAT 2015)	Campogalliano
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	26

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1912	09	12	21	15		Carpi	13	4	3.76
4	1932	07	13	03	42		Reggiano	8	4-5	3.86
5	1967	04	03	16	36	1	Reggiano	45	5	4.44
6	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
5	1978	12	25	22	53	4	Bassa modenese	28	5	4.39
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	1987	04	24	02	30	2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
NF	1987	05	08	11	10	2	Bassa modenese	24	6	4.44
4-5	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3-4	1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997	05	12	22	13	5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
5	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

Tabella 8.3a: Storia sismica del comune di Campogalliano (MO).

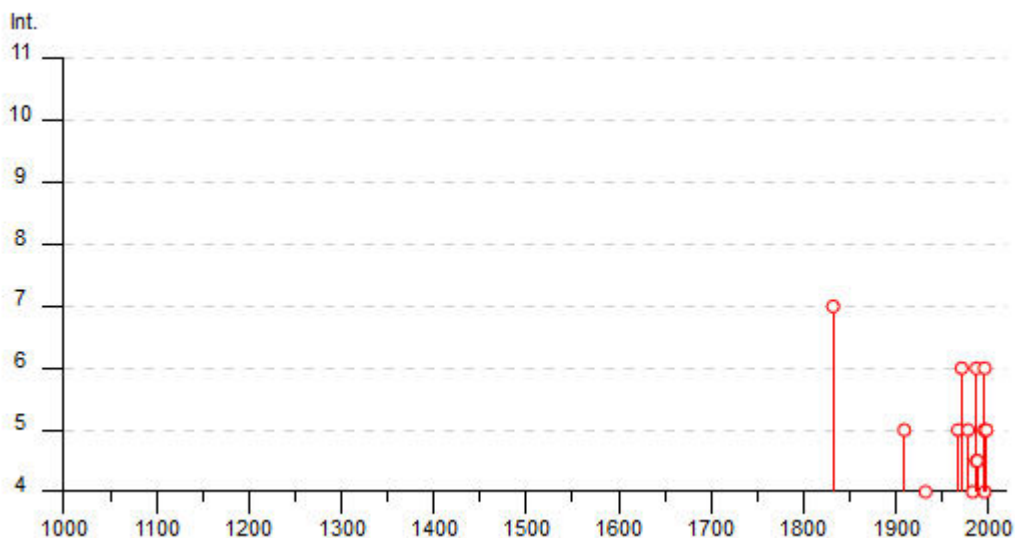


Tabella 8.3b: Storia sismica del comune di Campogalliano (MO).

La sismicità storica non tiene conto della recente crisi sismica verificatasi la mattina del 20 Maggio 2012 con un terremoto di magnitudo locale pari a 5.9 con epicentro Finale Emilia e la mattina del 29 Maggio con terremoto di magnitudo locale pari a 5.8 ed epicentro fra i Comuni di Medolla e Cavezzo.



### c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

Di seguito si riportano i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati inseriti nel foglio di calcolo "Spetti NTC v. 1.03" scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>).

#### **FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito**

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
10,82080

LATITUDINE  
44,69985

☐ Ricerca per comune

REGIONE  
Piemonte

PROVINCIA  
Torino

COMUNE  
Agliè

Elaborazioni grafiche

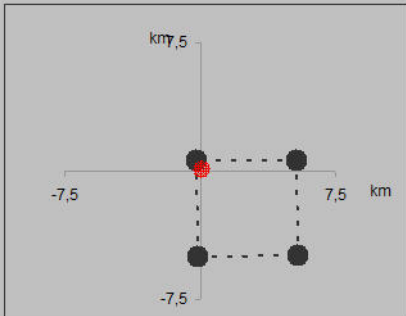
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri


Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

## **FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione**

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

Stati limite ultimi - SLU

SLO -  $P_{VR} = 81\%$

SLD -  $P_{VR} = 63\%$

SLV -  $P_{VR} = 10\%$

SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- - □ - - Strategia per costruzioni ordinarie

- - ■ - - Strategia scelta

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	45	0,056	2,496	0,264
SLD	75	0,070	2,478	0,274
SLV	712	0,189	2,467	0,282
SLC	1462	0,246	2,445	0,288

Tabella 8.4: Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno Stato Limite.

**FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto**

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO			
Stato Limite			
Stato Limite considerato		SLV	info
Risposta sismica locale			
Categoria di sottosuolo	C	info	$S_s = 1,421$
Categoria topografica	T1	info	$C_c = 1,595$ info
		$h/H = 1,000$	$S_T = 1,000$ info
<small>(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)</small>			
Compon. orizzontale			
<input checked="" type="radio"/> Spettro di progetto elastico (SLE)		Smorzamento $\xi$ (%)	5
<input type="radio"/> Spettro di progetto inelastico (SLU)		Fattore $q_p$	3,5
		$\eta = 1,000$	info
		Regol. in altezza	no
		info	
Compon. verticale			
Spettro di progetto		Fattore q	1,5
		$\eta = 0,667$	info
Elaborazioni			
Grafici spettri di risposta		▶	
Parametri e punti spettri di risposta		▶	
		<div> <div> <div>—</div> <div>Spettro di progetto - componente orizzontale</div> </div> <div> <div>—</div> <div>Spettro di progetto - componente verticale</div> </div> <div> <div>—</div> <div>Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, <math>\xi = 5\%</math>)</div> </div> </div>	
		<div> <div> <div> <div> <div><math>S_{d,o}</math> [g]</div> <div>0,70</div> </div> <div> <div><math>S_{d,v}</math> [g]</div> <div>0,60</div> </div> <div> <div><math>S_e</math> [g]</div> <div>0,50</div> </div> </div> <div> <div>0</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> </div> <div> <div>T [s]</div> </div> </div> </div>	

- Parametri dello "Spettro di risposta orizzontale e verticale per lo stato limite: SLV"

## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,189 g
$F_o$	2,467
$T_C$	0,282 s
$S_s$	1,421
$C_C$	1,595
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,421
$\eta$	1,000
$T_B$	0,150 s
$T_C$	0,449 s
$T_D$	2,355 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,268
$T_B$	0,150	0,661
$T_C$	0,449	0,661
	0,540	0,550
	0,631	0,471
	0,722	0,412
	0,812	0,366
	0,903	0,329
	0,994	0,299
	1,085	0,274
	1,175	0,253
	1,266	0,235
	1,357	0,219
	1,448	0,205
	1,538	0,193
	1,629	0,182
	1,720	0,173
	1,811	0,164
	1,901	0,156
	1,992	0,149
	2,083	0,143
	2,174	0,137
	2,264	0,131
$T_D$	2,355	0,126
	2,433	0,118
	2,512	0,111
	2,590	0,104
	2,668	0,098
	2,747	0,093
	2,825	0,088
	2,903	0,083
	2,982	0,079
	3,060	0,075
	3,138	0,071
	3,217	0,068
	3,295	0,064
	3,373	0,061
	3,452	0,059
	3,530	0,056
	3,608	0,054
	3,687	0,051
	3,765	0,049
	3,843	0,047
	3,922	0,045
	4,000	0,044



## Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0,111 g
$S_s$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

### Parametri dipendenti

$F_v$	1,447
$S$	1,000
$\eta$	0,667

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$


$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,111
$T_B \leftarrow$	0,050	0,182
$T_C \leftarrow$	0,150	0,182
	0,235	0,116
	0,320	0,085
	0,405	0,067
	0,490	0,056
	0,575	0,047
	0,660	0,041
	0,745	0,037
	0,830	0,033
	0,915	0,030
$T_D \leftarrow$	1,000	0,027
	1,094	0,023
	1,188	0,019
	1,281	0,017
	1,375	0,014
	1,469	0,013
	1,563	0,011
	1,656	0,010
	1,750	0,009
	1,844	0,008
	1,938	0,007
	2,031	0,007
	2,125	0,006
	2,219	0,006
	2,313	0,005
	2,406	0,005
	2,500	0,004
	2,594	0,004
	2,688	0,004
	2,781	0,004
	2,875	0,003
	2,969	0,003
	3,063	0,003
	3,156	0,003
	3,250	0,003
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,002
	4,000	0,002

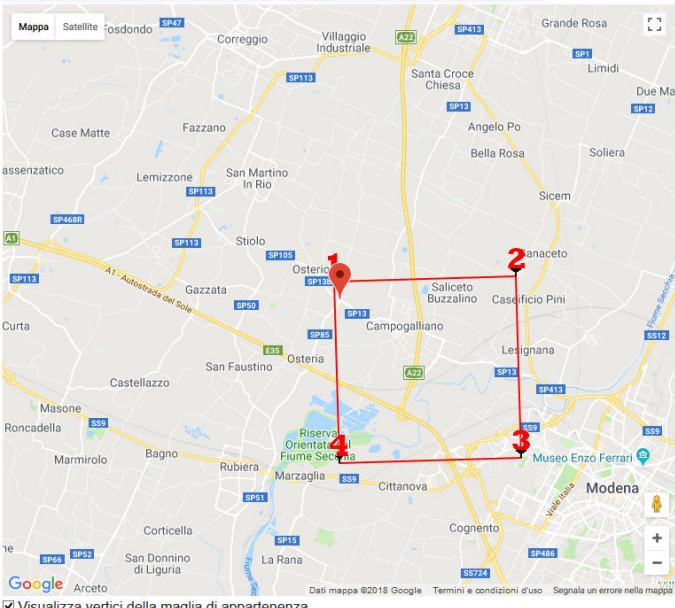
Di seguito si riportano anche i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati elaborati mediante il codice di calcolo Geostru PS.



**Indirizzo** Coordinate Isole

Indirizzo

WGS84: Lat 44.698915 - Lng 10.819787 ED50: Lat 44.699854 - Lng 10.820795



Visualizza vertici della maglia di appartenenza

### Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

**CU = 1.5**

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> <sup>+</sup> [s]
Operatività (SLO)	45	0.056	2.496	0.264
Danno (SLD)	75	0.070	2.478	0.274
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.189	2.467	0.282
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.246	2.444	0.288
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

### Coefficienti sismici

Tipo Fronti di scavo e rilevati

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,42	1,34
CC Coeff. funz categoria	1,63	1,61	1,59	1,58
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.049	0.102	0.000
kv	--	0.025	0.051	--
Amax [m/s²]	0.820	1.029	2.630	3.238
Beta	--	0.470	0.380	--

#### d. Definizione della categoria di sottosuolo ai fini sismici

Attraverso l'elaborazione delle indagini geognostiche si è potuto ricavare la categoria di sottosuolo ai fini sismici mediante l'uso del programma di calcolo Static Probing della ditta Geostru Software Srl.

Le NTC 17 gennaio 2018 individuano 5 categorie di sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Nel caso specifico si è scelto di risalire alla categoria di sottosuolo ai fini sismici attraverso l'elaborazione della prova penetrometrica CPT 1 Nord essendo la prova che ha raggiunto la maggiore profondità dal piano campagna.

Di seguito si riporta l'elaborazione per la stima della categoria sismica del sottosuolo in corrispondenza dell'opera in progetto appartenente alla categoria "C" ovvero *"terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{spt,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  Kpa nei terreni a grana fina)"*.

#### STIMA CATEGORIA SUOLO

Prova Nr.

CPT 01 Nord

Profondità	Descrizione	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tipo	Autore Vs	Vs (m/s)	Autore Cu	Cu (KPa)
1,4	Torbe - Argille Torbose	0,771	0,091	Coesivo	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	147,2	Lunne & Eide	43,5
6	Argille	0,737	0,039	Coesivo	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	180,19	Lunne & Eide	39,8
14	Limi - Argille Sabbiose	2,925	0,072		Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	287,83	Lunne & Eide	161,8

Vs,30  
Cu,30

232,00 m/s  
72,88 KPa

Terreno con spessore non superiore a 20m posto su substrato di riferimento con  $v_s > 800$  m/s...No

Stima categoria suolo

Vs,30

Categoria suolo tipo:

CATEGORIA SUOLO TIPO:C

## 9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base alle considerazioni svolte ed alle indicazioni impartite è possibile attribuire PARERE FAVOREVOLE all'intervento in oggetto. Si è infatti verificata l'assenza di controindicazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche.