



Comune di **MINERBIO**

Provincia di BOLOGNA



REALIZZAZIONE DI NUOVO COLLEGAMENTO VIARIO TRA LA SP.5 E LA VIA SANITA' E DUE ROTATORIE SU VIA RONCHI INFERIORE

PROGETTO DEFINITIVO

LOTTO 1 - STRADA VIA SANITA'

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA

CODIFICA:

PD RE 05

Scala :

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO



IS Ingegneria e Servizi S.R.L.S.

Via Malavolti n. 43 - 41122 MODENA
Tel. 059 350060 - Fax. 059342750
Mail: info@ingegneriaeservizi.it
Pec: is-modena@pec.it

Dott. Ing. Sergio Violetta (Direttore Tecnico)

Geom. Tiziano Cavani
Dott. Ing. Manuela Soli
Dott. Ing. Elisa Moruzzi
Ing. Claudio Arnò
Geol. Claudio Preci

Dott. Geologo CLAUDIO PRECI

Indagini e Consulenza Geologica, Geotecnica,
Idrologica Ambientale
Via Walter Tabacchi, 125 - 41123 MODENA Tel. 059 823020

Dott. Ing. LUCA MONTANARI

Via delle Costellazioni, 18 - 41126 MODENA Tel. 348 7934451
Sede Operativa c/o
INGEGNERIA e SERVIZI Via Malavolti, 43 - 41122 MODENA

00	OTTOBRE 2020	EMISSIONE	E. MORUZZI	M. SOLI	S. VIOLETTA
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI BOLOGNA
COMUNE DI MINERBIO

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

ai sensi del DM del 11/03/1988; Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483; DPR 554/1999; DPR 328/2001;
OPCM n. 3274 del 20/03/2003; DGR RER n. 1677 del 24/10/2005; DAL RER 112/2007; DGR 2193/2015;
DM 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni;
Circolare LL.PP. n. 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni".

Progetto

NUOVO COLLEGAMENTO VIARIO TRA LA SP 5 E VIA SANITÀ
(LOTTO 1, STRADA VIA SANITÀ)

Località'

TINTORIA - SP 5/VIA SANITA'

Committente

COMUNE DI MINERBIO

Tecnico incaricato

DOTT. GEOL. CLAUDIO PRECI



Data

NOVEMBRE 2017

Studio Preci
Geologia, Geotecnica, Geofisica, Idrogeologia, Ambiente
Via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena
Tel: 059.823020 - Cell: 3398264394
e-mail: precigeo@virgilio.it

INDICE

1. Premessa.....	2
2. Modellazione geologica del sito.....	4
3. Metodologia d'indagine delle prove in sito.....	10
3.1 Indagini geognostiche - Prove penetrometriche statiche CPT.....	10
3.2 Indagine geofisica - Misura del microtremore sismico.....	12
4. Modellazione geotecnica del volume significativo di terreno.....	12
5. Modellazione sismica e pericolosità sismica di base del sito.....	14
5.1 Suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti.....	18
5.2 Misura del microtremore sismico.....	20
5.3 Azione Sismica.....	22
6. Considerazioni conclusive.....	27
Allegato A - Elaborati delle indagini geognostiche.....	28

1. Premessa

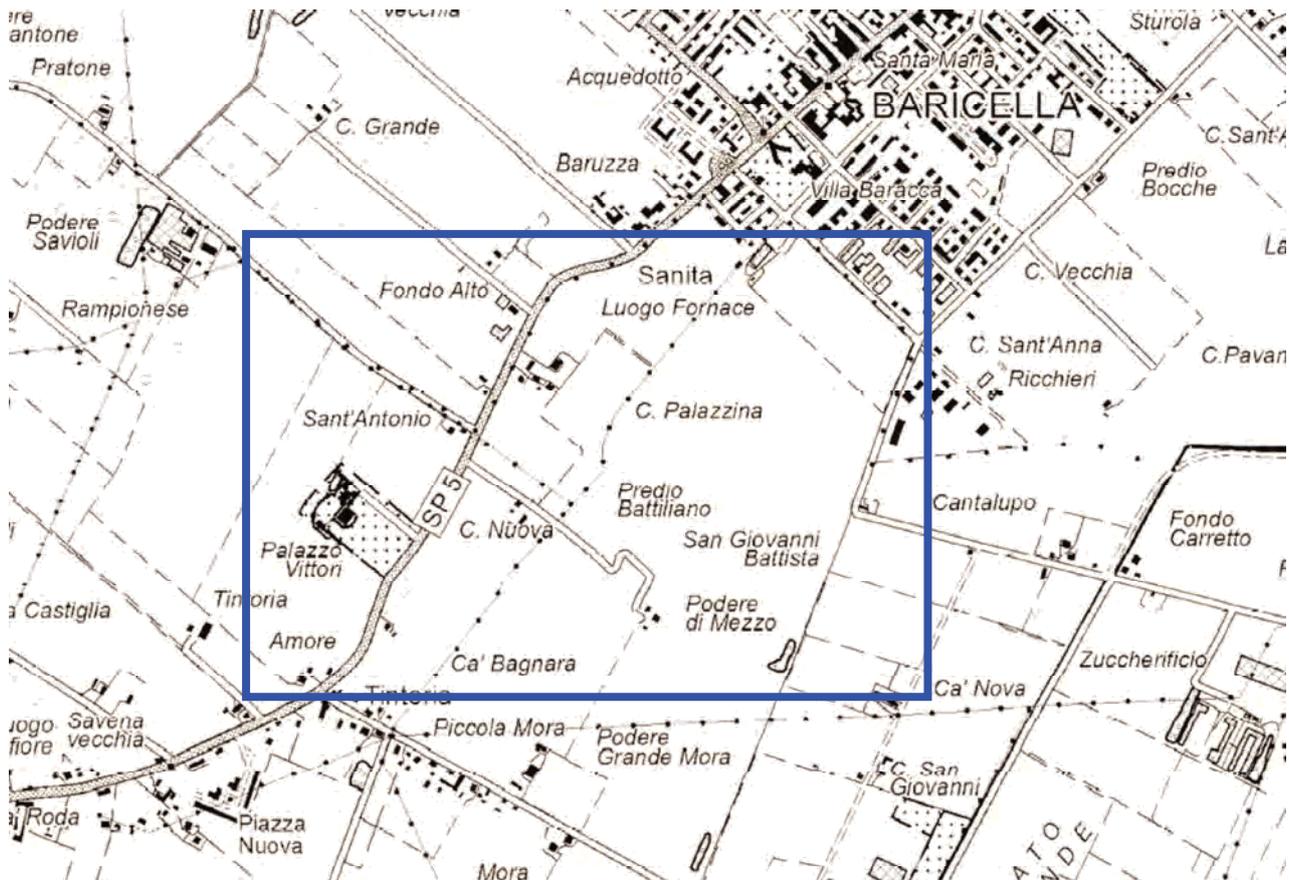
La presente relazione è stata eseguita per conto della committenza al fine di verificare le caratteristiche dei terreni di un'area del Comune di Minerbio, per il progetto di un nuovo collegamento viario tra la SP 5 e via Sanità (lotto 1, Strada via Sanità).



Secondo il DM 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. Nella presente relazione vengono riportate la modellazione geologica e sismica dell'area in oggetto e la modellazione geotecnica sulle indagini geognostiche eseguite in sito, con particolare riferimento alla individuazione dei parametri geotecnici caratteristici del terreno studiato.

Le indagini geognostiche e la presente relazione sono conformi a quanto disposto nelle normative seguenti:

- AGI Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (1977);
- DM del 11/03/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni ecc.";
- Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483;
- DPR 554/1999;
- DPR 328/2001;
- OPCM n. 3274 del 20/03/2003;
- Delibera di Giunta Regionale DGR RER n. 1677 del 24/10/2005
- DAL Delibera Assemblea legislativa RER 112/2007;
- DM 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare LL.PP. n. 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni";
- Delibera di Giunta Regionale DGR RER n. 2193 del 21/12/2015.



L'area oggetto d'indagine è situata presso la località Tintoria del Comune di Minerbio, al confine con il territorio del Comune di Baricella ed è compresa tra la SP 5, la via Nuova e la via Sanità, a una quota media di 12 m slm. Nell'archivio cartografico della Regione Emilia Romagna è rappresentata nella Carta Topografica a scala 1:25'000 nella tavola 203 SE "Baricella" e nei CTR della Regione Emilia Romagna a scala 1:5'000 nell'elemento n. 203154 "Baricella".



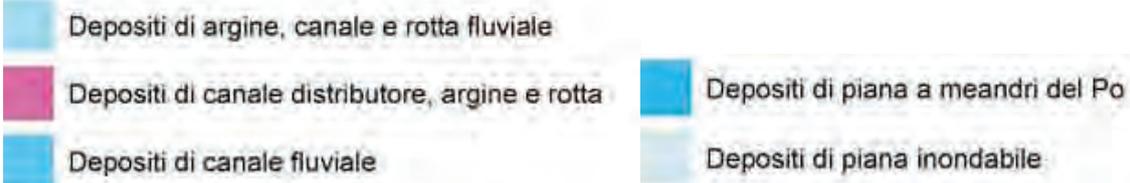
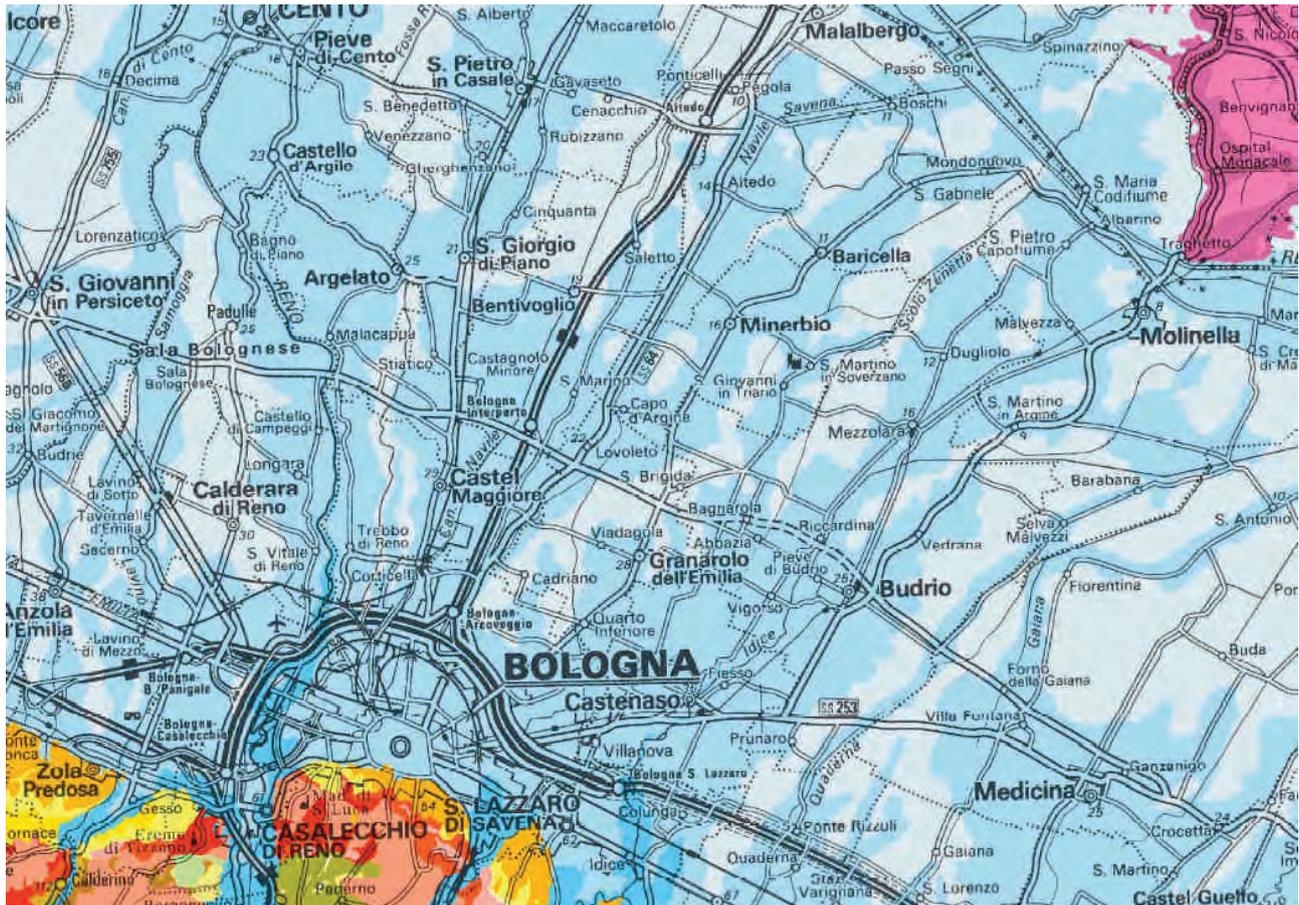
dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail: precigeo@virgilio.it

2. Modellazione geologica del sito

La Pianura Padana nel suo complesso costituisce un grande bacino sedimentario che, sin dal mesozoico, è stato caratterizzato da una notevole subsidenza con grande accumulo di sedimenti, raggiungendo i massimi apporti nel pliocene e nel quaternario, prima con sedimentazione marina e successivamente, dal pleistocene medio, con sedimentazione continentale. La messa in posto depositi più antichi è riconducibile all'idrodinamica fluviale determinata dall'alternarsi di fasi erosive e deposizionali, causate dalle variazioni climatiche che si sono succedute nel tempo ed in particolare del periodo interglaciale pre-Wurm (pleistocene superiore). Periodi umidi hanno portato alla deposizione dei sedimenti e alla messa in posto delle unità, periodi di minor piovosità hanno portato all'alterazione dei depositi con conseguente formazione dei suoli e all'erosione delle unità determinando la formazione di scarpate e incisioni fluviali.



All'interno della pianura alluvionale sono state distinte, sulla base di sequenze litostratigrafiche tipiche determinate dalle stratigrafie dei pozzi idrici, due macro-ambienti deposizionali: la piana pedemontana, contraddistinta da depositi a sequenze prevalentemente grossolane (ghiaie) e la piana alluvionale vera e propria, caratterizzata da sequenze generalmente fini (sabbie, limi, argille). Questo tipo di pianura presenta una crescita di tipo verticale, dovuta prevalentemente a processi di tracimazione e rotta fluviale che hanno portato alla deposizione di strati suborizzontali a geometria lenticolare, probabilmente riferibili a singoli eventi alluvionali. I corsi d'acqua naturali, una volta raggiunta una determinata quota sui terreni a loro circostanti, tendevano infatti a mutare il loro corso in occasione di piene eccezionali, colmando così le aree

più depresse di infraalveo. Ne consegue un incremento del dislivello tra fiume ed aree adiacenti poiché i materiali fini delle aree interfluviali sono soggetti ad un costipamento maggiore e più prolungato nel tempo, rispetto a quelli più grossolani formanti i corpi d'alveo abbandonati.



AES8 - Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna

AES8a - Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna - unità di Modena

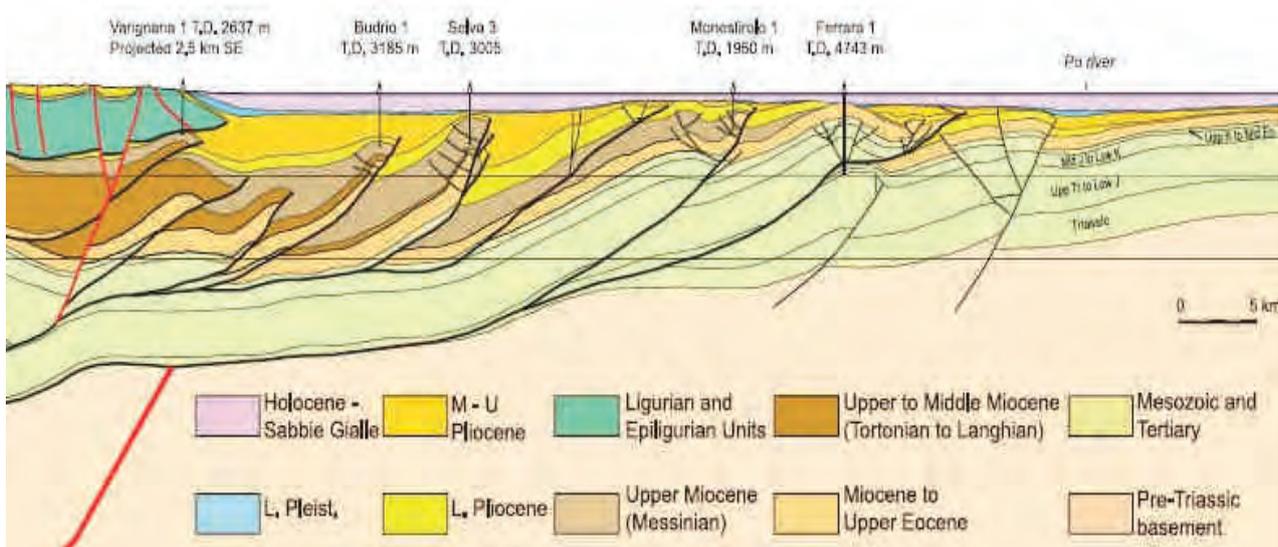
— traccia di alveo fluviale abbandonato certa

▲ sovraccorrimento profondo post-tortoniano dedotto

I dossi fluviali nel bolognese mostrano una direzione prevalente sud ovest-nord est e sono dovuti all'accumulo dei sedimenti abbandonati dai corsi d'acqua principali, i fiumi Panaro e Reno e dai corsi d'acqua minori, i torrenti Samoggia, Lavino, Savena, Idice, Quaderna e Sillaro. Questi termini prevalentemente sabbiosi tendono a localizzarsi in prossimità di dossi topografici, come gli allineamenti Minerbio-Baricella, Capo d'Argine-Altedo e il dosso fluviale di Castel Guelfo. Al contrario le aree contraddistinte da litotipi argilloso-limosi definiscono ambienti a bassa energia a sedimentazione lenta (ambienti palustri). In particolare il sito oggetto d'indagine insiste su depositi alluvionali di canale ed argine legati alla dinamica fluviale dei fiumi Reno e Savena (deviato poi in epoca storica, corrisponde allo Scolo Savena Abbandonata) e costituiti da alternanze di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, intercalati localmente con sabbie da fini a grossolane in corpi lenticolari e nastriformi, riconducibili al Subsistema di Ravenna e all'Unità di Modena.

Subsistema di Ravenna - AES8 (quaternario): depositi continentali ghiaioso-sabbiosi o limosi nei terrazzi fluviali, copertura limosa e argillosa alla base dei versanti. Al tetto suoli e paleosuoli alterati. Il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

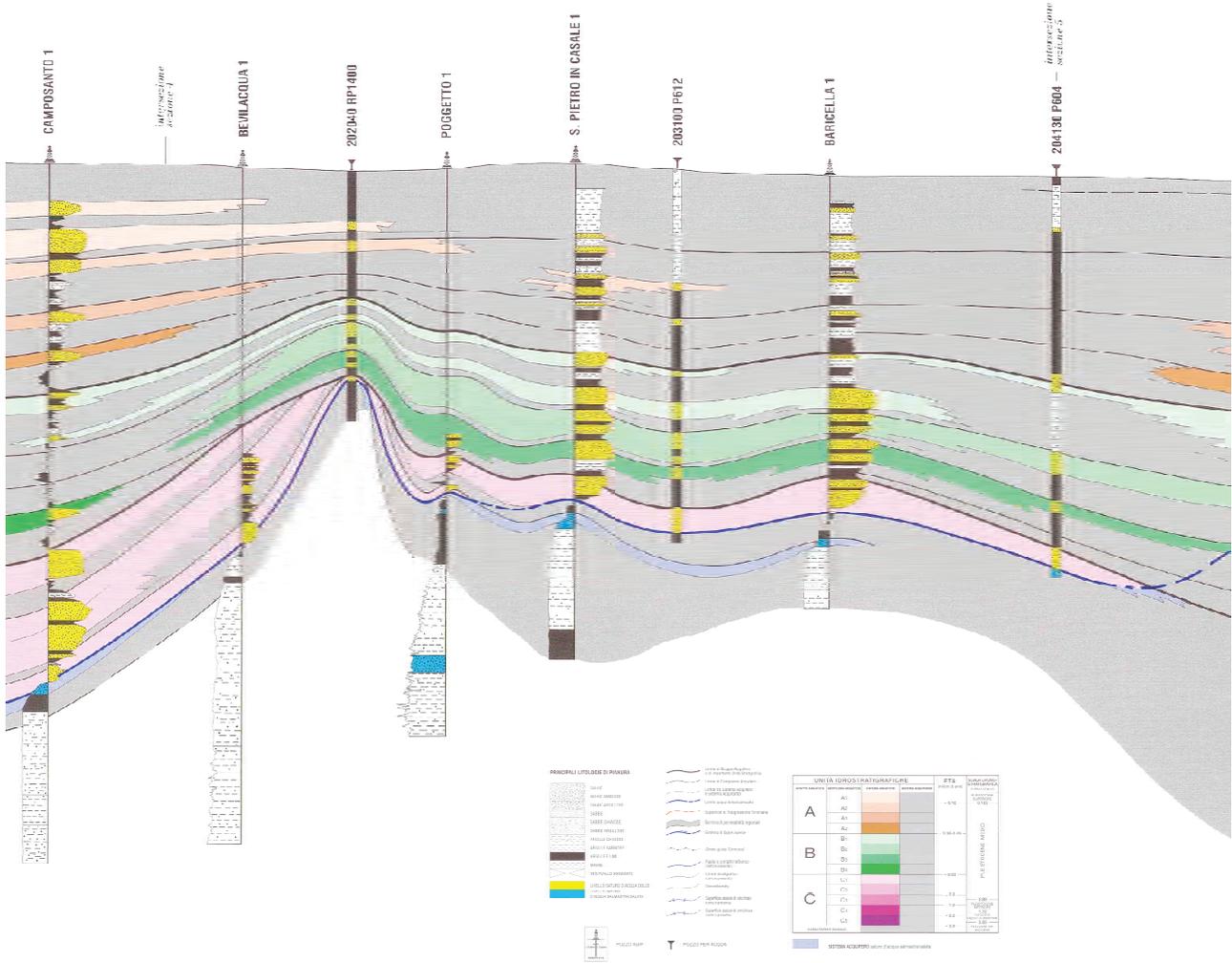
Unità' di Modena - AES8a (olocene recente): depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.



Dal punto di vista strutturale, il substrato profondo di questa parte della pianura alluvionale è caratterizzata da strutture tettoniche con asse parallelo alla catena appenninica, che ne rappresentano la sua continuazione sepolta. La media e bassa pianura sono inoltre caratterizzate da strutture plicative sepolte associate a famiglie di faglie, tra cui le principali sono le anticlinali di Anzola, Budrio, Imola, Selva e Lugo e le sinclinali di Bologna e Conselice. Sono anche presenti fenomeni tettonici recenti o attuali, che molto probabilmente continuano anche al di sotto della copertura alluvionale. A seconda della maggiore o minore importanza di tali dislocazioni si sono venuti a formare, tra valli contigue, blocchi a sollevamento differenziato, che hanno influenzato l'idrografia e lo sviluppo delle conoidi. Partendo dal margine appenninico, dove affiorano le formazioni argillose di età pliocenica, procedendo verso NE, si ha un rapido abbassamento dei terreni marini del substrato: all'altezza della Via Emilia la base del Pliocene è posta a profondità variabile che può raggiungere anche i 3000 m, mentre quella del Quaternario i 1500. A nord di questa zona, separata da una faglia diretta longitudinale, si sviluppa una vasta struttura sinclinale (sinclinale di Reggio Emilia-Bologna) che costituisce una delle più profonde depressioni della Pianura Padana. In generale il substrato marino di età pliocenica e plio-pleistocenica è interessato da un complicato reticolato di faglie e tutta quest'area costituisce uno degli alti strutturali più elevati della zona assiale della Pianura Padana. La coltre alluvionale di copertura risente anch'essa della situazione profonda, sia per il suo spessore notevolmente variabile, sia per gli effetti di movimenti neotettonici.

Nel territorio della bassa pianura tra Bologna e Ferrara è nota la presenza di idrocarburi soprattutto gassosi nel sottosuolo regionale, che derivano dalla decomposizione della materia organica, presente sin dai primi metri di profondità. Si tratta normalmente di depositi organici costituiti da argille nerastre, livelli di torbe o abbondante materiale vegetale diffuso nel sedimento. Solitamente gli idrocarburi rimangono confinati nel sottosuolo per la presenza di sedimenti poco permeabili e molto continui arealmente che ne impediscono la risalita.

Le indagini geognostiche a bassa profondità, eseguite dal Servizio Geologico regionale per la realizzazione della carta geologica nel ferrarese e nel ravennate, hanno evidenziato la presenza di sacche di gas miste ad acqua anche a soli dieci metri di profondità. Nel periodo dal 1930 al 1960 il gas misto ad acqua presente nelle prime centinaia di metri del sottosuolo (le cosiddette "acque metanifere del delta padano") è anche stato sfruttato nella provincia di Ferrara e nel limitrofo Polesine. Poiché l'estrazione di questo gas implicava dei forti prelievi idrici a cui sono seguiti importanti fenomeni di subsidenza, queste attività sono state sospese ed i pozzi di emungimento di conseguenza sono stati chiusi.



Sotto il profilo tettonico le recenti ricerche avviate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, sintetizzate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna” (2004), hanno messo in evidenza gli elementi strutturali del territorio, riconosciuti sulla base di dati morfologici e geologici. La fascia di alta pianura si inserisce in un contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica a stile compressivo, che ha determinato un generale raccorciamento del margine appenninico e dell’edificio padano. Tale raccorciamento si è prodotto attraverso due importanti fasce parallele di strutture di embricazione sepolte aventi direzione NW-SE e vergenza verso NE, le cui superfici di distacco interessano la copertura mesozoica e terziaria. Il fascio più settentrionale, denominato Fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front = ETF), appartiene all’arco delle “Pieghe Emiliane e Ferraresi” che costituiscono il fronte della catena appenninica, sepolto dai sedimenti quaternari padani, che circa all’altezza del Po sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta. Il fascio meridionale, coincidente con il margine morfologico appenninico, si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani ed è denominato Fronte di accavallamento pedeappenninico (Pedeappenninic Thrust Front = PTF), evidenziato da morfostrutture tipiche delle strutture attive e dallo sviluppo di una piccola anticlinale di thrust. Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d’acqua appenninici, che delimitano settori a diverso comportamento tettonico-sedimentario. L’attività recente ed attuale di tale struttura si manifesta nella morfologia, determinando il tilting di paleosuperfici (sia verso la pianura che verso i rilievi) e modificazioni sull’andamento idrografico locale. Infatti durante il sollevamento tettonico, mentre i corsi d’acqua principali mantengono il loro andamento originario, mostrando quindi relazioni di antecedenza rispetto

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail: precigeo@virgilio.it

all'anticlinale, i corsi d'acqua minori sono notevolmente influenzati dalla crescita dell'anticlinale. Di conseguenza tali corsi d'acqua subiscono talvolta deflessioni, mentre in altri casi si osserva una inversione di drenaggio locale, con piccoli torrenti costretti a scorrere verso sud prima di essere catturati dal corso d'acqua principale.

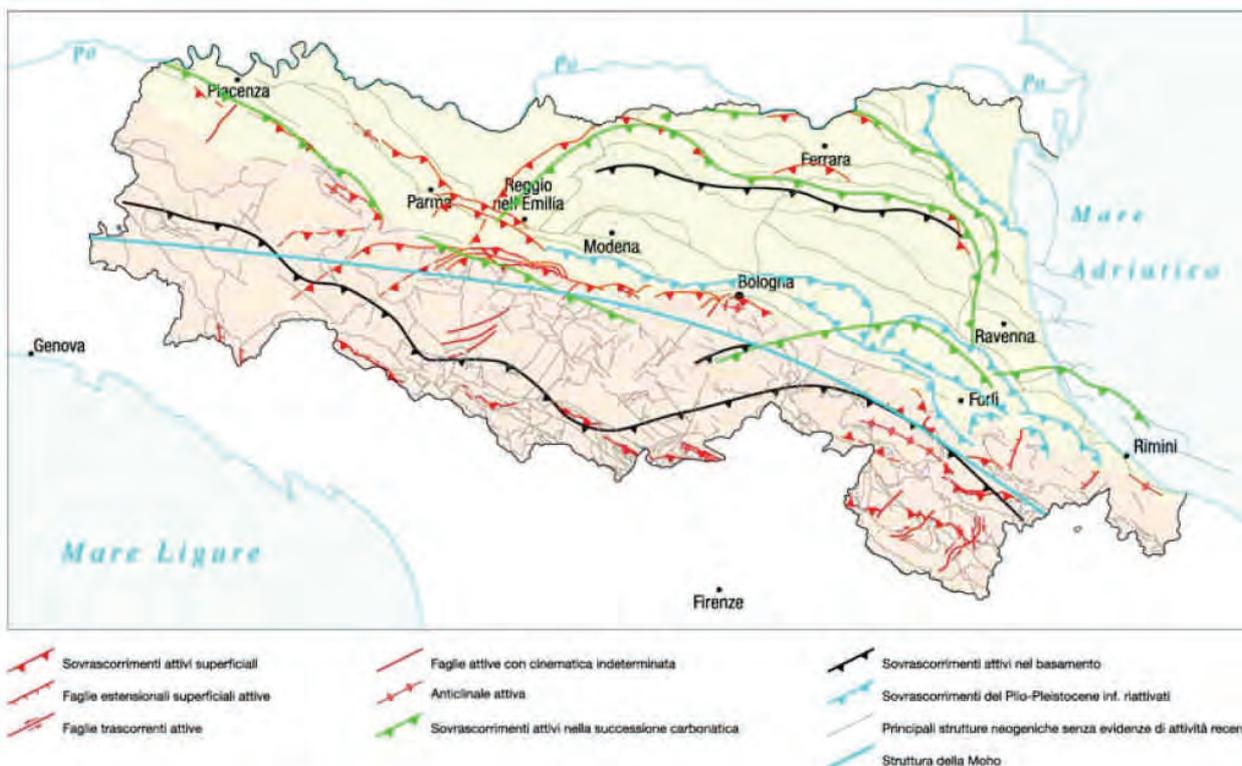


Figura 1 - Attività neotettonica in Emilia-Romagna (da: "Note illustrative - Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna" - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna - 2004)

Gli elementi idraulici più importanti presenti nel territorio sono i fiume Panaro, Reno e Po e il Cavo Napoleonico, oltre alla fitta e organizzata rete di canali e diversivi minori delle bonifiche. Le Unità Idrostratigrafiche che si distinguono nella pianura emiliana, derivano dalle suddivisioni effettuate tra le unità stratigrafiche esistenti. La differenziazione gerarchica si basa sul volume complessivo di acquiferi utili e su spessore, continuità ed estensione areale del livello acquifero o impermeabile di ciascuna Unità. Viene definito Acquifero Basale l'insieme delle Unità complessivamente impermeabili, che, estendendosi nel sottosuolo della pianura ed affiorando sul Margine Appenninico Padano, costituiscono il limite della circolazione idrica-sottterranea. Tra le varie unità litostratigrafiche che lo compongono, le principali sono la formazione plio-pleistocenica delle Argille Azzurre e le peliti dei Pliocene intrappenninico.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, il territorio circostante l'area in esame è posto al limite tra l'unità idrogeologica della media pianura, costituita dai livelli sabbiosi dei corpi acquiferi principali e della bassa pianura, costituita dai depositi alluvionali del fiume Po con spessi corpi sabbiosi intercalati a lenti limo-argillose.

Il sistema deposizionale della media pianura, formata dalle alluvioni dei corsi d'acqua appenninici, è caratterizzato da limi argillosi e argille con intercalazione di lenti sabbiose e viene frazionato a causa del comparire di corpi sedimentari lentiformi limo argillosi che, procedendo verso la bassa pianura, aumentano in numero e spessore creando vari livelli acquiferi separati tra loro o collegati esclusivamente per il fenomeno della drenanza. Il limite inferiore dell'acquifero si individua invece al contatto fra i depositi e le argille Plioceniche che costituiscono il basamento della Pianura Padana e sono pressoché impermeabili. Dallo studio del

moto della falda emergono l'elevata trasmissività delle aree di conoide, separate tra loro da marcate linee di drenaggio fluviale ed alimentate dai principali corsi d'acqua della pianura, generalmente fino al limite tra la media e la bassa pianura. Nella bassa pianura i depositi alluvionali sono caratterizzati da sequenze prevalentemente impermeabili con sottili intercalazioni sabbiose, a bassa trasmissività. Si tratta di depositi più fini che caratterizzano un settore meno ricco di risorse idriche sotterranee. Dai dati esistenti si nota che la superficie piezometrica si muove secondo una direzione di flusso di tipo appenninico, da sud a nord. Solo le falde più superficiali e corrispondenti alle aree topograficamente più elevate (dossi fluviali), sono attribuibili alle alluvioni dei fiumi appenninici. Normalmente le acque superficiali, sfruttate mediante tipici pozzi a camicia, non presentano una caratterizzazione idrochimica individuabile e i valori sono notevolmente variabili e legati a situazioni idrogeologiche locali e ai tempi brevi di ricambio e permanenza nel suolo. La loro alimentazione deriva dagli apporti meteorici e dalle infiltrazioni dalla rete idrica superficiale e per questo la loro qualità ai fini idropotabili è scarsa. Gli studi petroliferi e idrogeologici hanno permesso di approfondire in modo sostanziale le conoscenze relative all'acquifero emiliano-romagnolo, riconoscendo sulla verticale tre gruppi acquiferi (A-B-C) separati dall'interposizione di importanti acquitardi. Ciascun gruppo acquifero a sua volta viene suddiviso in diversi complessi acquiferi e acquitardi, secondo un modello di suddivisione gerarchico per ranghi decrescenti, sulla base della dimensione e dell'estensione areale dei corpi idrogeologici che li compongono. Le opere di presa esistenti interessano generalmente la porzione sommitale del gruppo acquifero A. In particolare sono attraversati il complesso acquifero A0 (superficiale), costituito dalle unità AES8a/AES8 (Unità di Modena e Subsistema di Ravenna) del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore e il complesso acquifero A1.

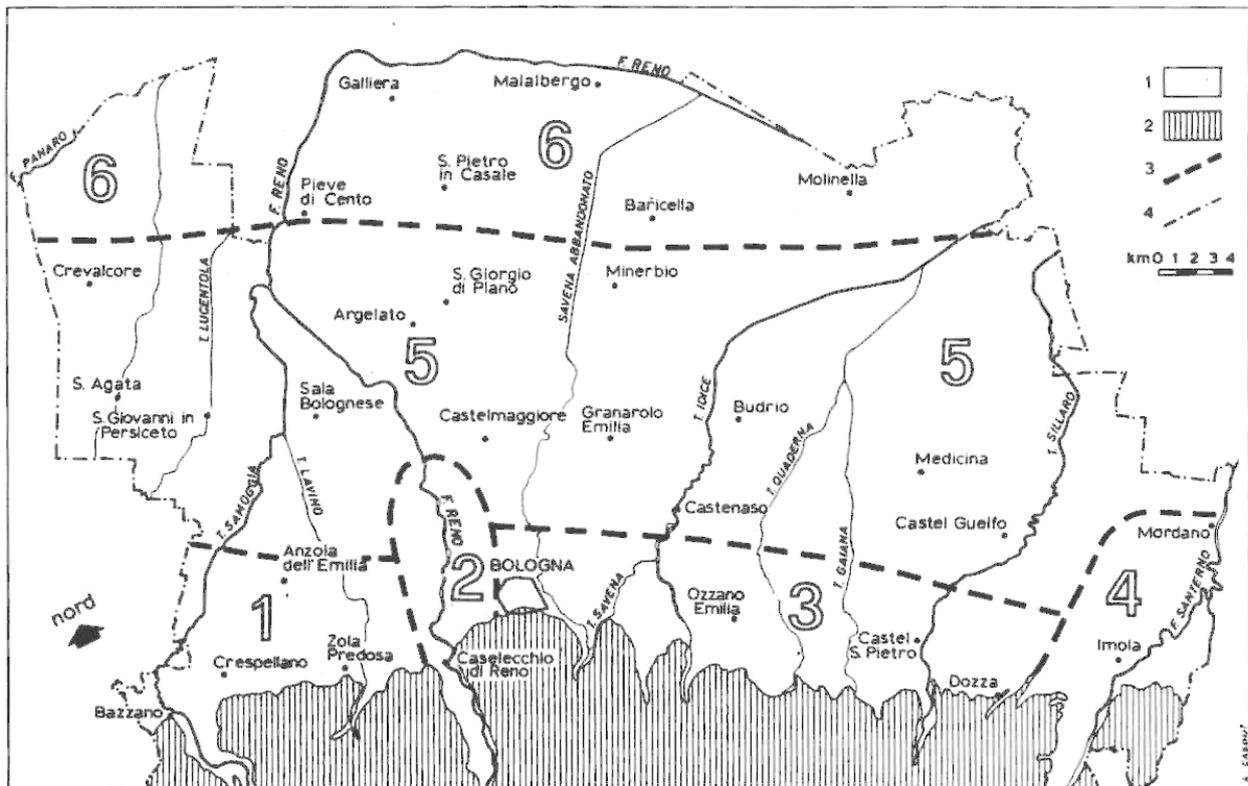


Fig. 9 - Settori idrogeologici. 1) pianura: depositi di conoide ed alluvioni fluviali (Olocene-Pleistocene); 2) zona collinare: sabbie, ghiaie, conglomerati, marne e argille grigio-azzurre con faune di età varia (Miocene, Pliocene, Pleistocene marino); 3) settori idrogeologici; 4) limiti di Provincia.

L'acquifero della bassa pianura presenta invece un sistema monostrato compartimentato, con spessori che raggiungono i 750 m, dove la connessione idraulica tra falda e corsi d'acqua è resa possibile da un contatto quasi continuo tra le sabbie dell'acquifero e l'alveo, posto a quote più basse delle coperture superficiali caratterizzate da ridotti valori di permeabilità. La maggior parte del territorio appartiene al sistema acquifero individuato con la prima unità idrogeologica,

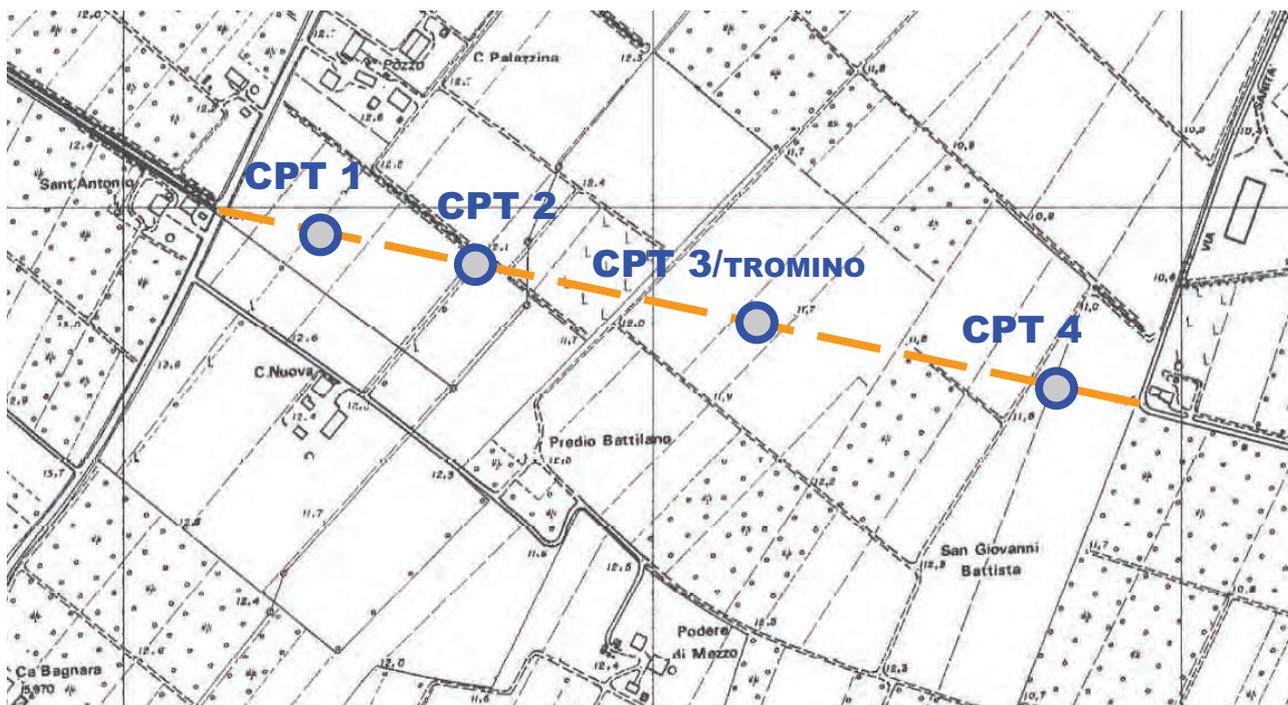
in cui si può distinguere tra le falde freatiche, presenti nei primi 30-40 m e quelle più profonde in pressione, nelle quali le caratteristiche idrogeologiche sono diverse. Normalmente le acque superficiali non presentano una caratterizzazione idrochimica individuabile e i valori sono notevolmente variabili e legati a situazioni idrogeologiche locali e ai tempi brevi di ricambio e permanenza nel suolo. La loro alimentazione deriva dagli apporti meteorici e dalle infiltrazioni dalla rete idrica superficiale e per questo la loro qualità ai fini idropotabili è generalmente scarsa. Le falde più profonde risentono invece della risalita di acque salmastre e fortemente mineralizzate, associate alla presenza della Dorsale Ferrarese. Solo localmente sono note falde acquifere più profonde con acque dolci.

3. Metodologia d'indagine delle prove in sito

L'indagine geognostica di campagna per la caratterizzazione dei terreni è stata eseguita il giorno 13/10/2017 all'interno dell'area interessata dall'intervento in progetto, mediante n. 4 prove penetrometriche statiche CPT che hanno raggiunto la profondità massima di -10 m circa rispetto all'attuale piano campagna del terreno agricolo.

Il livello della prima falda libera superficiale, per risalita nei fori di prova, si attesta a profondità comprese tra -2.20 m e -3.40 m dal piano campagna.

Inoltre è stata svolta nel sito un'indagine geofisica, basata sulla registrazione a stazione singola del microtremore sismico con strumentazione TROMINO, per misurare la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, valutare i possibili effetti sismici di sito e definire l'andamento della V_{s30} , come richiesto dalle normative vigenti.



3.1 Indagini geognostiche - Prove penetrometriche statiche CPT

Per l'esecuzione dell'indagine di campagna si è utilizzato un penetrometro statico PAGANI TG63, attrezzato con punta meccanica Begemann (punta conica standard \varnothing 3.57 cm e angolo d'apertura 60° , con manicotto mobile di 150 cm^2 , infissa nel terreno ad una velocità costante di 2 cm/sec).

I dati acquisiti attraverso una cella estensimetrica di carico hanno permesso di determinare:

- R_p resistenza alla punta in Kg/cm^2
- R_{lt} resistenza laterale totale (punta+manicotto) in Kg/cm^2
- R_l resistenza laterale locale (al manicotto) in Kg/cm^2

Successivamente il processo di discretizzazione dei parametri di campagna, ha permesso la determinazione di:

- classificazione litologica (Begemann - Schmestron)
- peso specifico medio del terreno naturale
- peso specifico efficace
- pressione litostatica eff. al centro dello strato
- coesione non drenata
- angolo d'attrito
- densità relativa
- coefficiente di compressibilità di volume
- modulo di reazione orizzontale
- permeabilità
- liquefazione

I grafici delle curve di Rp e Rl sono riportati nell'allegato A. Di seguito si descrivono alcune delle modalità seguite per la determinazione delle grandezze fisiche considerate.

- Peso specifico naturale ed efficace (γ_t , γ'_t)

Questo parametro è determinato in base al valore medio di Rp applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura Padana. Definito γ_t il peso specifico naturale per il terreno sotto falda e γ_w il peso specifico dell'acqua, si applica la relazione $\gamma'_t = \gamma_t - \gamma_w$, che considera la spinta di Archimede dovuta all'elemento liquido.

- Pressione litostatica efficace (σ'_v)

Il calcolo della pressione litostatica efficace è effettuato applicando la relazione:

$\sigma'_v = \sum \gamma_{ti} \cdot h_{im} + \sum \gamma_{ti} \cdot h_{im}$ riferita alla pressione relativa al punto medio dello strato considerato (h_m). E' considerata la falda freatica se presente.

- Coesione non drenata (C_u)

Si utilizza la relazione di De Beer che consente il calcolo della C_u in base al valore di Rp per i livelli coesivi saturi (coesione non drenata apparente, cioè la resistenza al taglio dei terreni a comportamento coerente in situ).

- Angolo d'attrito (θ°)

La determinazione dell'angolo d'attrito per i terreni incoerenti segue la metodologia di Durgunoglu e Mitchell, applicando l'equazione $\theta^\circ = f(R_p ; \sigma'_v)$. Per i terreni coerenti in condizioni non drenate si utilizza la relazione (Durgunoglu): $\theta^\circ = 14.4 + 4.8 \ln(q_c) - 4.5 \ln(\sigma'_v)$.

Densità relativa (D_r)

Per questo parametro si utilizza il diagramma proposto da Jamiolkowski mod.

- Coefficiente di compressibilità di volume (M_v)

Si utilizzano le correlazioni di Buisman e Sanglerat che collegano il parametro al valore di Rp.

- Modulo di reazione orizzontale (K_o)

E' ricavato utilizzando la relazione: $K_o = C_h \cdot R_p / C_k$ dove C_h varia fra 0.1 a 0.3 e C_k dipende dal tipo di terreno e varia da 1 a 4.

- Calcolo della permeabilità (K_p)

Questo parametro è determinato in base ai parametri di q_c e di Fr , applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura Padana. Campo di validità da 10^{-2} cm/s per le sabbie e 10^{-8} cm/s per le argille.

- Liquefazione

Per la verifica alla suscettibilità alla liquefazione si utilizza il metodo di Seed e Idriss (1982), che confronta le caratteristiche meccaniche dei terreni ottenute in base ai risultati delle prove in sito e l'eventuale potenzialità nel medesimo sito del fenomeno della liquefazione, a seguito di una sollecitazione sismica stimata attraverso la massima accelerazione attesa in superficie. Per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR il metodo prevede l'utilizzo di un abaco, in cui in ordinata è riportato il rapporto tensionale ciclico CSR (carico sismico) e in ascissa la resistenza del terreno stimata mediante le prove in sito. Per i terreni coerenti non viene effettuata nessuna verifica per la suscettibilità alla liquefazione. Per i terreni incoerenti vengono calcolati il coefficiente C_2 (rapporto di sforzo ciclico del terreno) ed il coefficiente C_1 (relativo alla curva di magnitudo in caso di evento sismico). Per $C_1 > C_2$ non si ha la liquefazione, viceversa il livello di terreno esaminato è suscettibile alla liquefazione.

3.2 Indagine geofisica - Misura del microtremore sismico

Una strategia efficace di difesa dai terremoti necessita di accurate valutazioni preventive della vulnerabilità sismica, determinata essenzialmente dall'instabilità dei suoli (frane, liquefazione dei terreni) e dagli effetti di sito. Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche, che portano al fenomeno della risonanza del terreno. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella propria degli edifici (fenomeno della doppia risonanza), si produce un'amplificazione delle onde sismiche molto grande e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo: l'amplificazione sismica è infatti la prima causa di danno e distruzione durante un terremoto. Il rumore sismico generato dai fenomeni atmosferici (moti oceanici, del vento ecc.) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre; è detto anche microtremore, poichè riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Il rumore di fondo agisce da funzione di eccitazione per le risonanze specifiche degli edifici e del sottosuolo, rendendole chiaramente visibili nello spettro di rumore, analogamente a quanto avviene durante un terremoto, che si può immaginare come un episodio di rumore fortissimo con ampiezze sino a 10^{10} volte maggiori del microtremore. La metodologia di misura del microtremore sismico mediante strumentazione TROMINO®, permette la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la V_{s30} , come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. La tecnica maggiormente consolidata per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico generato in un sito, è quella dell'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti del moto sismico orizzontali e verticali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V - Nogoshi e Igarashi, 1970). Il codice utilizzato per la creazione di curve H/V sintetiche si basa sulla simulazione del campo di onde di superficie di Rayleigh e Love in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (Aki, 1964 - Ben-Menahem e Singh, 1981), considerando che l'onda sismica viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due mezzi (litotipi) a rigidità differente, con la determinazione di un contrasto di impedenza. L'onda riflessa interferisce con quelle incidenti sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza), quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o multipli dispari) lo spessore H del primo strato: la frequenza fondamentale di risonanza F relativa alle onde S risulta pari a $F = V_s / 4H$.

4. Modellazione geotecnica del volume significativo di terreno

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine di campagna ha permesso di effettuare un riconoscimento di massima dei terreni attraversati e di ottenere indicazioni sulla parametrizzazione geotecnica dei terreni studiati, di seguito riportata.

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 1

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m ³	Gamma' kg/m ³	Sigma' kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI °	DR %	Mv cm ² /Kg	K oriz kg/cm ³	Perm. cm/sec
0.80 Limo argil-sabbioso adde	1887	1887	0.151	1.217	32	0	0.0136	1.6333	3.2e-3
1.40 Sabbia lim. mediamente a	1750	1750	0.256	0.000	30	84	0.0065	3.8333	4.2e-2
2.00 Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.358	0.000	27	65	0.0126	3.5333	7.3e-3
3.40 Limo argilloso consisten	1888	1238	0.531	1.209	26	0	0.0135	1.6476	2.3e-4
4.20 Sabbia argil-limosa adde	1700	1050	0.615	0.000	24	40	0.0190	2.3333	1.0e-2
5.40 Argilla limosa plastica	1765	1115	0.749	0.504	20	0	0.0182	1.0833	8.3e-6
6.00 Limo argilloso plastico	1810	1160	0.819	0.692	21	0	0.0140	0.9778	1.5e-4
9.80 Limo argilloso consisten	1883	1233	1.287	1.130	21	0	0.0140	1.5930	7.4e-5

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 2

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m ³	Gamma' kg/m ³	Sigma' kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI °	DR %	Mv cm ² /Kg	K oriz kg/cm ³	Perm. cm/sec
1.40 Sabbia argill-limosa add	1750	1750	0.245	0.000	30	78	0.0105	3.1786	9.5e-3
3.00 Limo argilloso consisten	1927	1277	0.449	1.584	28	0	0.0104	2.1417	2.2e-4
4.00 Argilla torbosa plastica	1716	1066	0.556	0.362	20	0	0.0194	0.7800	3.4e-7
7.80 Argilla limosa consisten	1853	1203	1.013	0.928	21	0	0.0102	1.9579	3.4e-5
9.80 Limo argilloso plastico	1831	1181	1.250	0.783	19	0	0.0145	1.1267	4.7e-4

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail: precigeo@virgilio.it

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 3

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec
0.80 Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.136	0.000	29	61	0.0234	1.9000	6.8e-3
1.40 Sabbia lim. mediamente a	1750	1750	0.241	0.000	30	85	0.0065	3.8333	3.5e-2
2.00 Argilla limosa molto con	1980	1980	0.360	2.265	31	0	0.0044	4.5667	2.9e-4
2.60 Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.462	0.000	26	54	0.0150	2.9556	8.0e-3
3.80 Argilla limosa plastica	1778	1128	0.597	0.562	21	0	0.0169	1.1833	1.7e-5
8.20 Limo argilloso consisten	1889	1239	1.142	1.186	22	0	0.0134	1.6576	8.5e-5
9.80 Limo argilloso plastico	1840	1190	1.333	0.827	19	0	0.0149	1.1917	2.0e-4

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 4

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec
1.40 Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.238	0.000	28	65	0.0156	2.8476	1.4e-2
2.20 Limo argil-sabbioso adde	2021	2021	0.400	2.980	32	0	0.0056	4.0000	1.8e-3
5.20 Argilla limosa plastica	1765	1115	0.734	0.503	20	0	0.0182	1.0800	1.7e-5
8.00 Limo argilloso consisten	1890	1240	1.081	1.192	22	0	0.0134	1.6619	2.3e-4
8.80 Argilla limosa consisten	1862	1212	1.178	0.979	21	0	0.0096	2.0750	7.6e-5
9.80 Limo argilloso consisten	1838	1188	1.297	0.815	19	0	0.0148	1.1733	7.4e-5

Si è proceduto alla parametrizzazione dell'indagine geognostica CPT secondo il metodo di Searle. Sulla base dell'indagine di campagna e delle successive discretizzazioni è stato possibile schematizzare i valori medi di resistenza alla punta R_p e resistenza laterale R_l , espressi in kg/cm^2 , e il rapporto q_c/f_s .

Dati medi prova discretizzata CPT n. 1

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
0.80	24.50	0.87	28.27
1.40	76.67	1.49	51.49
2.00	53.00	1.60	33.12
3.40	24.71	1.31	18.80
4.20	35.00	0.98	35.59
5.40	10.83	0.84	12.83
6.00	14.67	0.82	17.84
9.80	23.89	1.47	16.21

Dati medi prova discretizzata CPT n. 2

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
1.40	63.57	1.82	34.95
3.00	32.12	1.75	18.36
4.00	7.80	0.95	8.24
7.80	19.58	1.41	13.92
9.80	16.90	0.81	20.78

Dati medi prova discretizzata CPT n. 3

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
0.80	28.50	0.87	32.88
1.40	76.67	1.58	48.63
2.00	45.67	2.93	15.57
2.60	44.33	1.31	33.81
3.80	11.83	0.86	13.83
8.20	24.86	1.51	16.44
9.80	17.88	0.97	18.49

Dati medi prova discretizzata CPT n. 4

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
1.40	42.71	1.11	38.33
2.20	60.00	2.45	24.49
5.20	10.80	0.78	13.89
8.00	24.93	1.33	18.76
8.80	20.75	1.33	15.56
9.80	17.60	1.08	16.30

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail: precigeo@virgilio.it

La stratigrafia dell'area risulta costituita prevalentemente da alternanze di litotipi limo-argillosi da plastici a consistenti, con frequenti intercalazioni di limi argilloso-sabbiosi e sabbie argilloso-limose mediamente addensati nei primi 4 m circa di spessore. I terreni più superficiali, al di sopra del livello di falda, risultano sovraconsolidati per effetto dell'essiccamento.

Il livello della prima falda libera superficiale, per risalita nei fori di prova, si attesta a profondità comprese tra -2.20 m e -3.40 m dal piano campagna (ottobre 2017).

Allo scopo di definire un modello geotecnico per il sito in esame in base alle elaborazioni delle indagini effettuate, nella tabella seguente sono riportati i principali parametri geotecnici caratteristici delle unità litologiche individuate. Per i parametri Cu_k e φ_k delle unità più superficiali si considerano le leggi di correzione di Terzaghi ($Cu_k = 2/3 Cu$) e ($\tan \varphi_k = 0.67 \tan \varphi$).

SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Unità	Profondità -m da p.c.	γ_t (kg/m ³)	γ'_{t_k} (kg/m ³)	Cu_k (kg/cm ²)	φ°_k	Densità $D_r\%$ (livelli incoerenti)	mv_k (cm ² /kg)	Ed_k (kg/cm ²)
1	0 - 1.40	1700	1700	/	19	67	0.01269	79
2	1.40 - 2.50	1900	1250	1.0	17	59	0.01023	98
3	2.50 - 5	1765	1115	0.44	20	40	0.01612	62
4	5 - 10	1835	1185	0.80	19	/	0.01321	76

5. Modellazione sismica e pericolosità sismica di base del sito

La valutazione del rischio sismico in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la macrozonazione sismica, definita come l'individuazione di aree che possono essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità. All'interno di queste aree si possono valutare, con maggiore dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedimenti di microzonazione sismica. Tale procedimento è volto a prevedere e mitigare gli effetti di un evento sismico in una zona di dimensioni urbane, considerando la morfologia superficiale e del substrato, la sua costituzione, la presenza e la profondità della falda freatica e l'eventuale presenza di faglie.

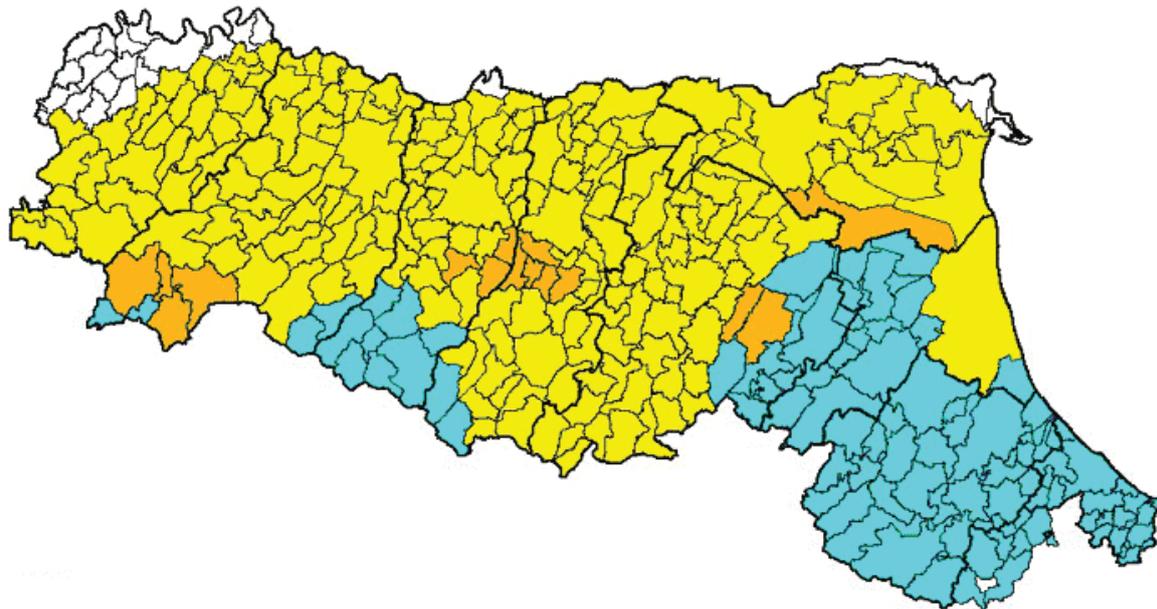
Questa analisi recepisce le indicazioni applicative della Delibera di Giunta Regionale n. 2193/2015 attualmente in vigore. Si considera inoltre la classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia Romagna riportata nella OPCM n. 3274 del 20/03/2003, secondo cui il comune di Minerbio rientra in zona 3.

Le 4 categorie di classificazione sono determinate in base alla pericolosità sismica.

Legenda

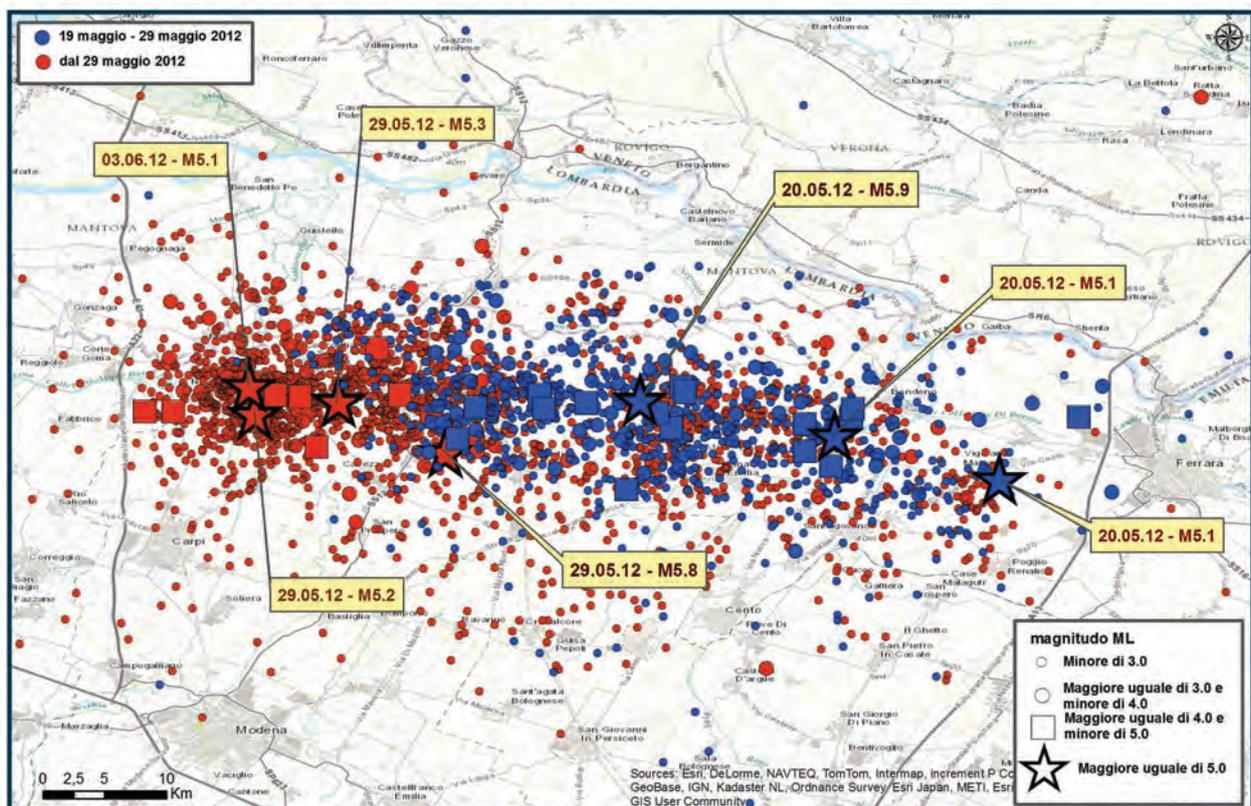


- Zona 1: sismicità alta
- Zona 2: sismicità media
- Zona 3: sismicità bassa
- Zona 4: sismicità molto bassa



SEQUENZA Pianura Padana Emiliana

INGV terremoti



L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5 e 6 della scala Richter. Si riporta un elenco degli eventi sismici più significativi per la storia sismica del sito di indagine, oltre alla sequenza degli ultimi importanti eventi sismici del maggio 2012 :

dott. Claudio Preci geologo

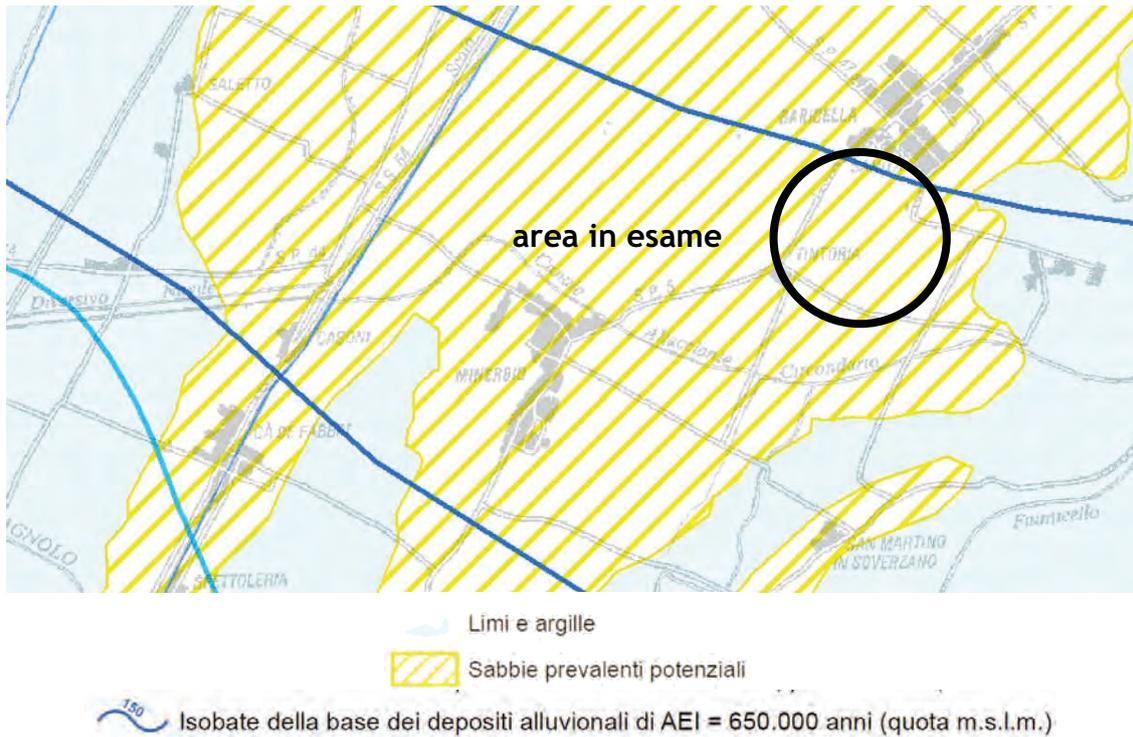
Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail: precigeo@virgilio.it

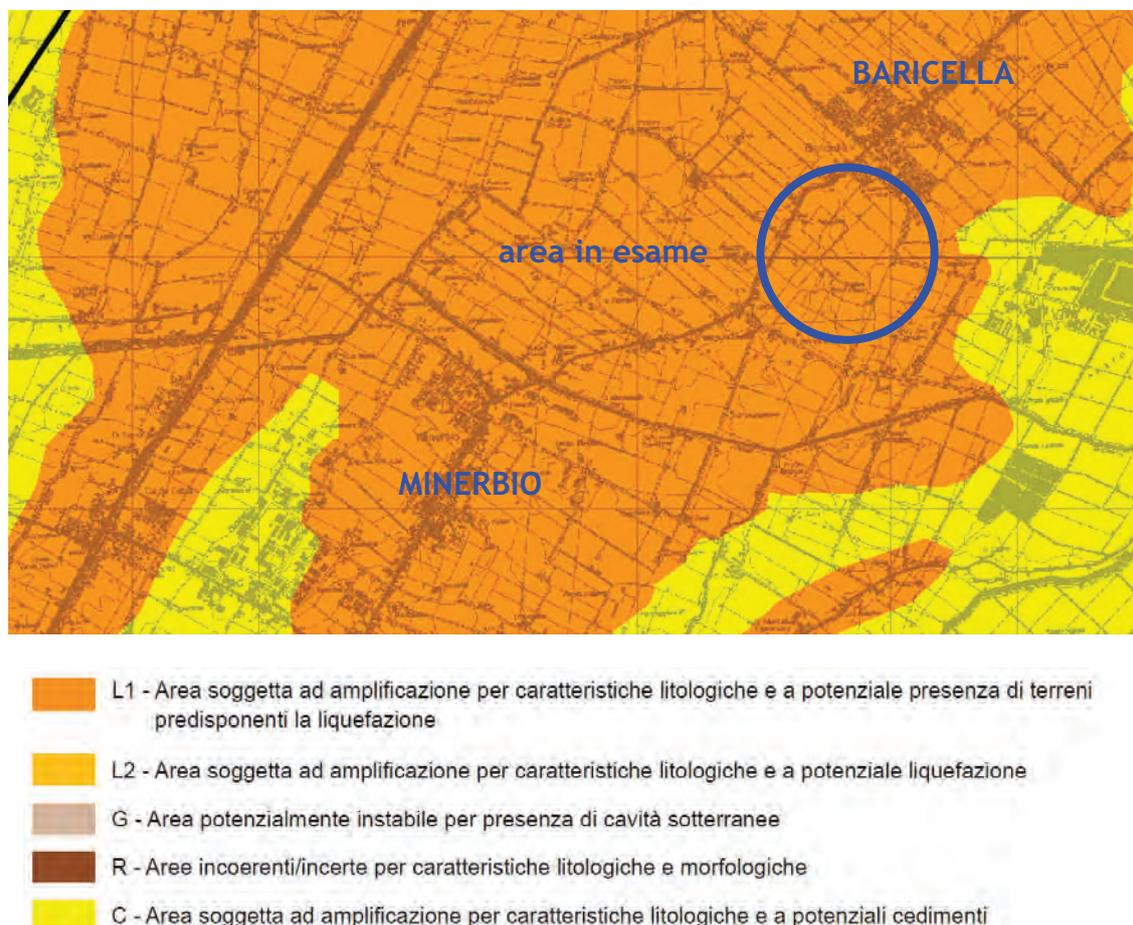
Anno	Me	Gi	AREA	Imx	Io	Lat	Lon	Maw
1505	1	3	BOLOGNA	70	70	44.48	11.25	5.47
1508	10	18	FERRARA SUD		60	44.833	11.667	4.83
1561	11	24	FERRARA	65	55	44.78	11.45	4.63
1570	11	17	FERRARA	80	75	44.82	11.63	5.48
1574	3	17	FINALE EMILIA	70	70	44.833	11.294	5.12
1586	1	12	SPILAMBERTO		60	44.583	11	4.83
1666	4	14	BOLOGNA		60	44.5	11.333	4.83
1695	2	28	FERRARA	55	55	44.836	11.618	4.63
1743	5	29	FERRARA	65	65	44.836	11.618	5.03
1771	8	13	CAMUGNANO		60	44.167	11.167	4.83
1779	6	4	BOLOGNESE	70	65	44.45	11.52	4.97
1780	2	6	BOLOGNESE	65	55	44.62	11.32	4.85
1787	7	16	FERRARA	65	55	44.83	11.62	4.63
1796	10	22	EMILIA ORIENTALE	70	70	44.62	11.67	5.63
1801	10	8	BOLOGNA	55	55	44.498	11.34	4.63
1834	10	4	BOLOGNA	60	55	44.6	11.37	4.63
1850	9	18	MODENA	60	60	44.614	10.965	4.83
1854	6	16	CASTEL BOLOGNESE		70	44.333	11.75	5.17
1864	3	15	ZOCCA	65	65	44.337	11.059	5.03
1869	6	25	VERGATO	75	75	44.314	11.116	5.32
1878	3	12	BOLOGNESE	60	60	44.42	11.55	4.83
1878	11	9	CASTEL DEL RIO		70	44.25	11.5	5.17
1881	1	24	BOLOGNESE	70	65	44.32	11.35	5.14
1889	3	8	BOLOGNA	60	60	44.518	11.237	4.83
1892	12	29	CASTEL DEL RIO		60	44.167	11.5	4.83
1908	6	28	FINALE EMILIA SUD		60	44.8	11.3	4.83
1922	5	24	CENTO	45	35	44.862	11.517	4.5
1929	4	20	BOLOGNESE	80	70	44.47	11.13	5.55
1931	6	10	MODENESE	40	40	44.541	11.021	4.84
1934	9	18	VIGNOLA	40	40	44.495	11.012	4.5
1951	10	29	VALLE DEL PANARO	50	50	44.458	10.989	4.6
1956	4	26	PASSO FUTA		60	44.15	11.317	4.95
1957	8	27	ZOCCA	60	60	44.394	10.994	5.06
1962	5	11	CAMUGNANO		60	44.2	11.167	4.83
1964	9	5	RONCOBILACCIO	50	50	44.138	11.233	4.95
1966	5	26	MONTEVEGLIO		60	44.5	11.2	4.83
1967	10	1	FORMIGINE		50	44.567	10.95	4.52
1970	5	5	PAVULLO		60	44.35	10.85	4.83
1986	12	6	BONDENO	60	60	44.879	11.334	4.56
1995	8	24	APPENNINO BOLOGNESE	60	60	44.133	10.975	4.67
2012	1	25	POVIGLIO			44.854	10.538	4.9
2012	5	20	FINALE EMILIA			44.89	11.23	5.9
2012	5	20	FERRARESE			44.831	11.49	5.1
2012	5	29	MEDOLLA/BASSA MODENESE			44.85	11.09	5.8

(Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI- INGV, Bologna)

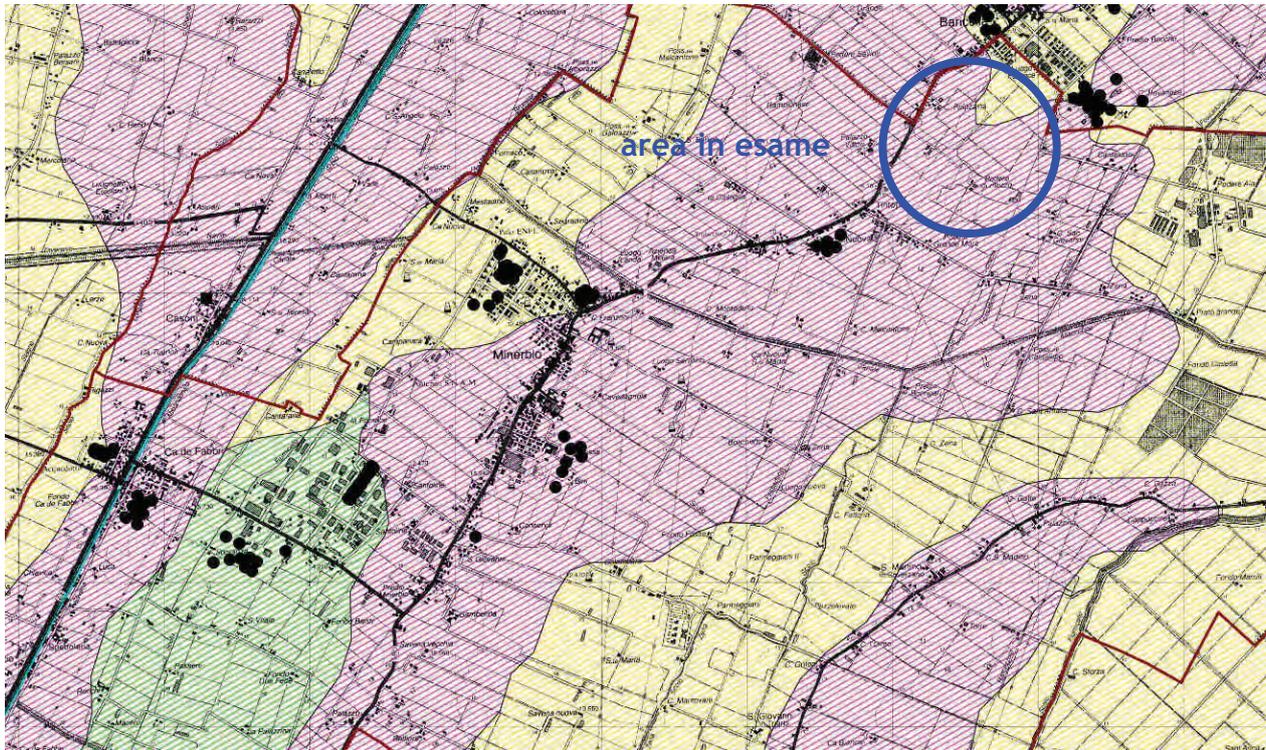
Nel quadro conoscitivo del PTCP della Provincia di Bologna, Carta degli elementi geologici che possono determinare effetti locali - Tavola 1 Pianura a scala 1:65'000, si indica che l'area in esame insiste su "sabbie prevalenti potenziali".



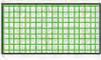
Nel PTCP della Provincia di Bologna, Rischio Sismico - Carta delle aree suscettibili di effetti locali - Tavola 2C foglio I a scala 1:65'000, si indica l'area come "soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione".



Nel PSC dell'Associazione Terre di Pianura - Reno Galliera, Sistema naturale e ambientale, tavola AC.1.1 Carta litologico-morfologica, si indica che l'area in esame insiste su "sabbie di piana alluvionale".



Tessiture ed Ambienti deposizionali

	Sabbie limose di conoide
	Sabbie di piana alluvionale
	Sabbie fini di piana alluvionale
	Limi di piana alluvionale
	Argille limose di piana alluvionale
	Sabbie e sabbie fini di paleodelta

In relazione a vincoli e tutele territoriali e al rischio sismico, nel PSC dell'Associazione Terre di Pianura/Comune di Minerbio, nella Tavola MiC.3.1 del Quadro Conoscitivo e nella Tavola 1.1 Sistema dei vincoli e delle tutele, l'area in esame è soggetta a particolari prescrizioni.

5.1 Suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti

Il rischio di liquefazione può essere stimato con metodi semplificati da prove SPT e da prove CPT mediante il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione LPI (o IL) di Iwasaki et al. (1982). Le prove CPT sono preferibili per la migliore ripetibilità delle misure e per la continuità dei profili penetrometrici. L'indice LPI (o IL) è un parametro di sintesi che quantifica i possibili effetti della liquefazione in superficie, tenendo conto della severità dell'azione sismica e dei parametri di profondità, spessore e valore del fattore di sicurezza degli strati liquefacibili. Le classi di potenziale di liquefazione, secondo la proposta di Sonmez (2003), sono le seguenti:

LPI	potenziale di liquefazione
0	non liquefacibile
$0 < LPI \leq 2$	basso
$2 < LPI \leq 5$	moderato
$5 < LPI \leq 15$	alto
$15 < LPI$	molto alto

L'elaborazione dell'indagine di campagna fornisce una verifica della suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti, individuati con la discretizzazione dei dati delle prove penetrometriche. Il calcolo viene eseguito secondo le modalità riportate nel par. 3.1, considerando un evento sismico avente una magnitudo pari al grado 6 della scala Richter, compatibile con i dati storici esistenti per l'area in esame (Servizio Geologico RER - INGV).

Caratteristiche sismiche dei livelli di terreno CPT n. 1

Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
0.80 Limo argil-sabbioso adde	Terreno	coerente	
1.40 Sabbia lim. mediamente a	1.1055	0.0975	no
2.00 Sabbia argil-limoso adde	0.4510	0.0975	no
3.40 Limo argilloso consisten	Terreno	coerente	
4.20 Sabbia argil-limoso adde	0.2386	0.1202	no
5.40 Argilla limosa plastica	Terreno	coerente	
6.00 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	
9.80 Limo argilloso consisten	Terreno	coerente	

Caratteristiche sismiche dei livelli di terreno CPT n. 2

Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
1.40 Sabbia argill-limoso add	0.7102	0.0975	no
3.00 Limo argilloso consisten	Terreno	coerente	
4.00 Argilla torbosa plastica	Terreno	coerente	
7.80 Argilla limosa consisten	Terreno	coerente	
9.80 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	

Caratteristiche sismiche dei livelli di terreno CPT n. 3

Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
0.80 Sabbia argil-limoso adde	0.3949	0.0975	no
1.40 Sabbia lim. mediamente a	1.2389	0.0975	no
2.00 Argilla limosa molto con	Terreno	coerente	
2.60 Sabbia argil-limoso adde	0.3355	0.0975	no
3.80 Argilla limosa plastica	Terreno	coerente	
8.20 Limo argilloso consisten	Terreno	coerente	
9.80 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	

Caratteristiche sismiche dei livelli di terreno CPT n. 4

Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
1.40 Sabbia argil-limoso adde	0.4458	0.0975	no
2.20 Limo argil-sabbioso adde	Terreno	coerente	
5.20 Argilla limosa plastica	Terreno	coerente	
8.00 Limo argilloso consisten	Terreno	coerente	
8.80 Argilla limosa consisten	Terreno	coerente	
9.80 Limo argilloso consisten	Terreno	coerente	

Sulla base dei parametri geotecnici ricavati dall'indagine geognostica e con le ipotesi sopra riportate, la verifica effettuata non evidenzia livelli di terreno incoerente potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefacibilità (LPI = 0).

In base alle NTC, DAL RER 112/2007, Ordinanza RER 70/2012, DGR 2193/2015, in assenza di condizioni predisponenti alla potenziale liquefazione dei terreni, i fattori di amplificazione sismica per l'area in esame possono essere valutati secondo le tabelle allegate alla DGR 2193/2015.

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail: precigeo@virgilio.it

La valutazione dei cedimenti post-sismici nei terreni alluvionali della Pianura Padana risulta poco significativa, in quanto si tratta di terreni già consolidati per desaturazione sedimentaria e inoltre già sottoposti a diversi eventi sismici. Per produrre un calcolo significativo e realistico di tali cedimenti, sarebbe necessario sottoporre a carichi ciclici crescenti e decrescenti i terreni considerati, mediante prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati in sito.

In base all'elaborazione delle indagini geognostiche, in assenza di rilevanti spessori (≥ 5 m) terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti o molto soffici, si ritiene di poter ragionevolmente escludere l'eventuale insorgere di cedimenti post-sismici nei terreni considerati.

5.2 Misura del microtremore sismico

La metodologia di misura del microtremore sismico mediante strumentazione TROMINO[®], permette la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la V_{s30} , come richiesto dalle normative antisismiche vigenti.

L'elaborazione dei dati, acquisiti con tempi di registrazione di 14 min con una frequenza di campionamento di 128 Hz, permette di evidenziare, sottoforma di picchi nello spettro del rapporto H/V, i contrasti di impedenza tra litotipi a rigidità diversa che determinano possibili fenomeni di amplificazione delle onde sismiche.

TROMINO – NUOVO COLLEGAMENTO SP 5-VIA SANITÀ – LOTTO 1 STRADA VIA SANITÀ

Strumento: TRZ-0011/01-09

Inizio registrazione: 13/10/17 13:35:00 Fine registrazione: 13/10/17 13:49:01

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 79% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

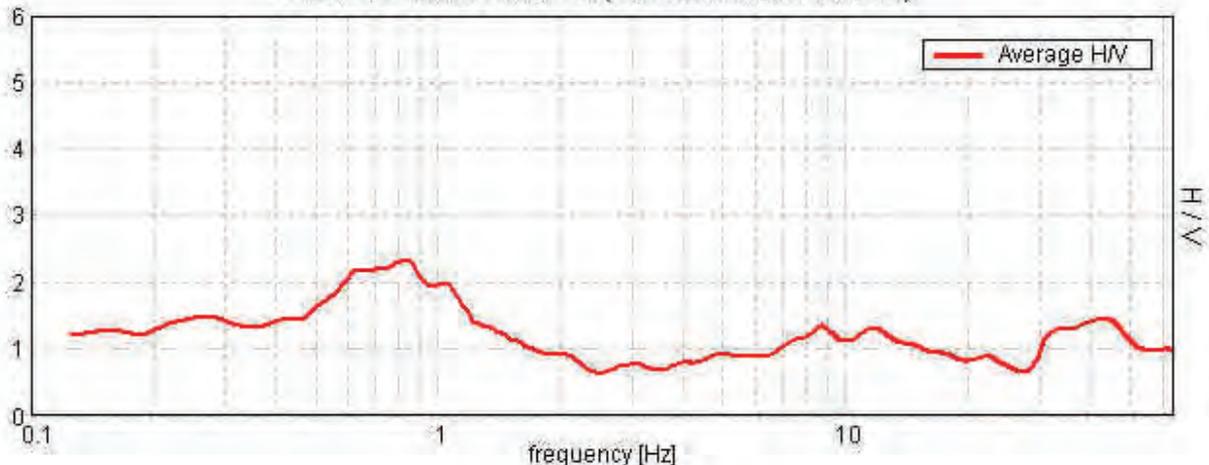
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

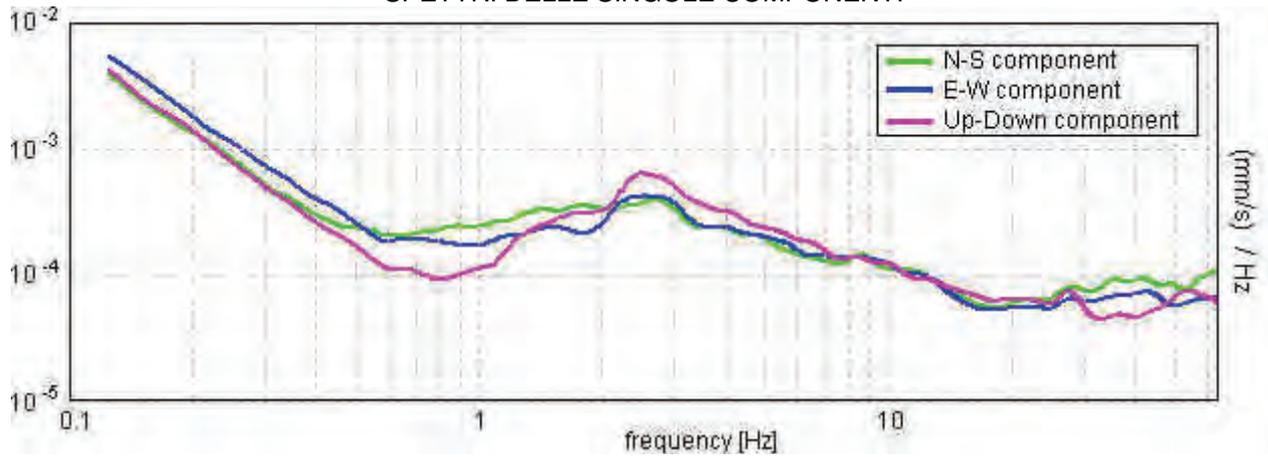
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE - HVSR

Picco H/V a 0.84 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz)

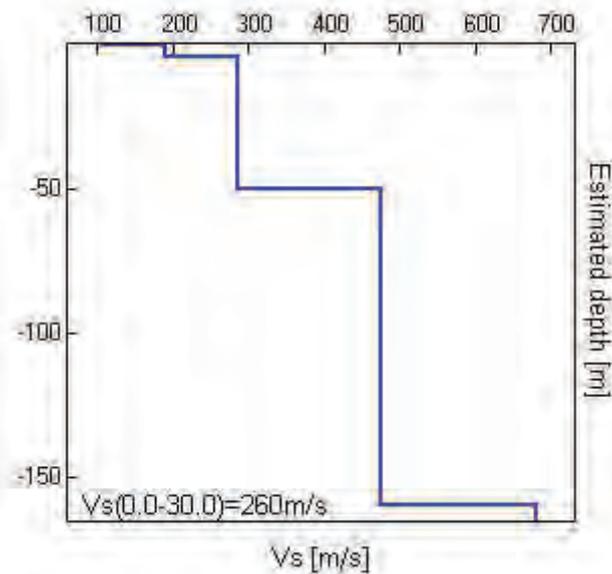
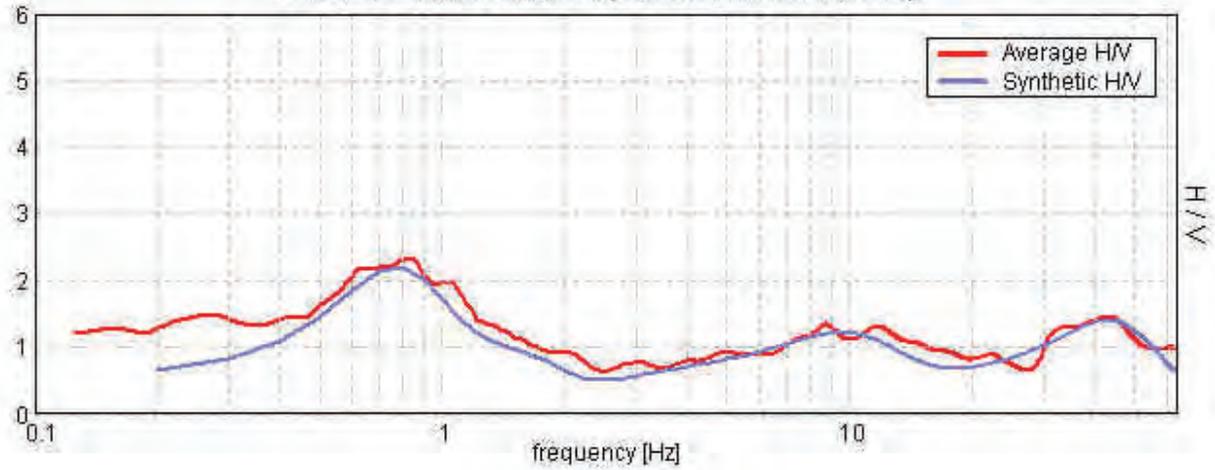


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE - H/V SINTETICO

Picco H/V a 0.84 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz)



Profondità alla base dello strato [m]	Vs [m/s]
0.60	110
4.50	190
50.00	285
160.00	475
inf.	680

$$V_{s30} = 260 \text{ m/s}$$

Dall'elaborazione della registrazione effettuata, nel grafico del rapporto H/V si individua un picco principale a circa 0.8 Hz (0.84 ± 0.03 Hz), corrispondente alla frequenza fondamentale di vibrazione del sito, tipica del Bacino Sedimentario Padano. Determinata la velocità delle onde "S" dei vari strati, si ottiene il dato di $V_{s30} = 260$ m/s, pertanto il substrato dell'area d'indagine è riconducibile alla categoria C che comprende "Depositi di 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 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

5.3 Azione Sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

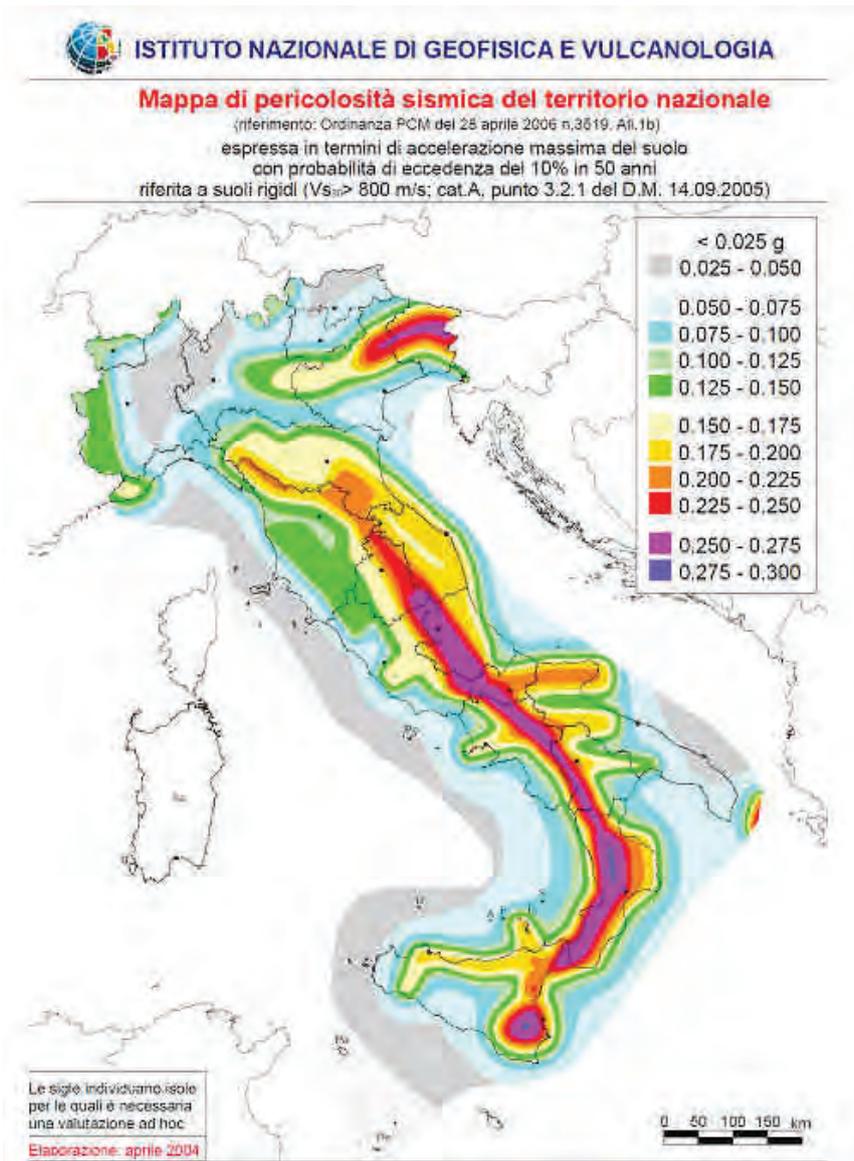
Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche. La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.



Vita nominale per diversi tipi di opere - TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale
Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10 anni
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50 anni
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100 anni

In presenza di azioni sismiche le costruzioni sono suddivise in classi d'uso:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail: precigeo@virgilio.it

▪ Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

CLASSE D'USO			
I	II	III	IV
Coefficiente d'uso Cu			
0.7	1	1.5	2

Di seguito vengono riportati i dati sismici e i grafici degli spettri elastici SLU, ottenuti in relazione alle caratteristiche dell'opera considerata per un terreno di tipo C.

Coordinate geografiche del punto - tipo di interpolazione: media ponderata

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: III
 Coefficiente d'uso (Cu): 1,5
 Periodo di riferimento (Vr): 75 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1462 [anni]

Latitudine (WGS84): 44,6385500 [°]
 Longitudine (WGS84): 11,5281800 [°]
 Latitudine (ED50): 44,6394800 [°]
 Longitudine (ED50): 11,5291700 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	16289	44,618630	11,524370	2349,87
2	16290	44,619760	11,594550	5619,07
3	16068	44,669750	11,592940	6063,45
4	16067	44,668610	11,522730	3278,49

Parametri di pericolosità sismica per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,057	2,495	0,270
SLD	75	0,073	2,477	0,279
SLV	712	0,191	2,534	0,280
SLC	1462	0,250	2,482	0,289

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,057	2,498	0,270
SLD	75	0,073	2,453	0,279
SLV	712	0,191	2,537	0,280
SLC	1462	0,250	2,482	0,290

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,055	2,481	0,270
SLD	75	0,070	2,470	0,279
SLV	712	0,187	2,549	0,279
SLC	1462	0,246	2,485	0,288

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,055	2,485	0,270
SLD	75	0,071	2,461	0,279
SLV	712	0,187	2,547	0,279
SLC	1462	0,246	2,484	0,288

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,056	2,490	0,270
SLD	75	0,072	2,467	0,279
SLV	712	0,189	2,540	0,280
SLC	1462	0,248	2,483	0,289

Categoria sottosuolo C: Depositi di 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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero NSPT30 compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa cu30 compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

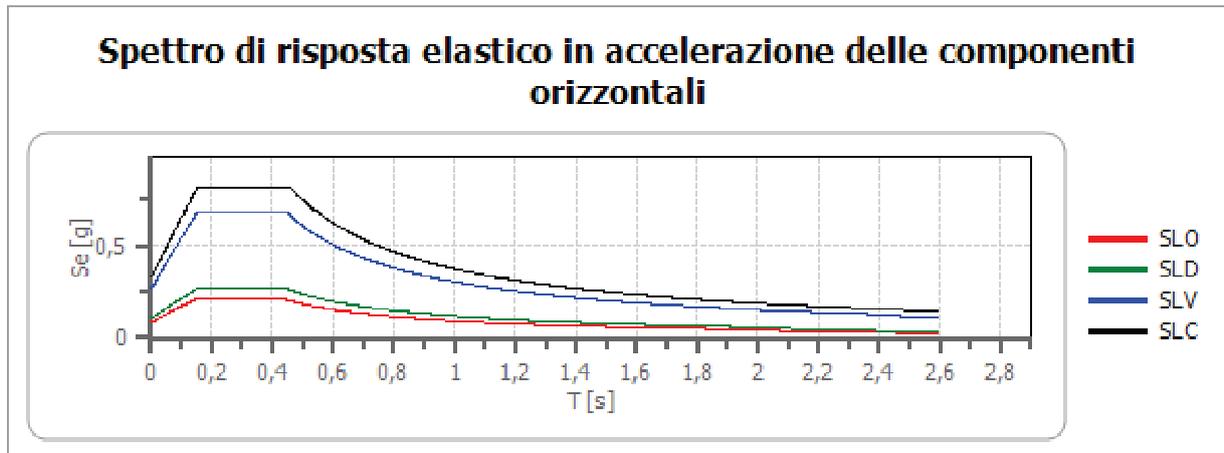
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,022	0,064	0,092
kv	0,008	0,011	0,032	0,046
amax [m/s ²]	0,828	1,055	2,616	3,235
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

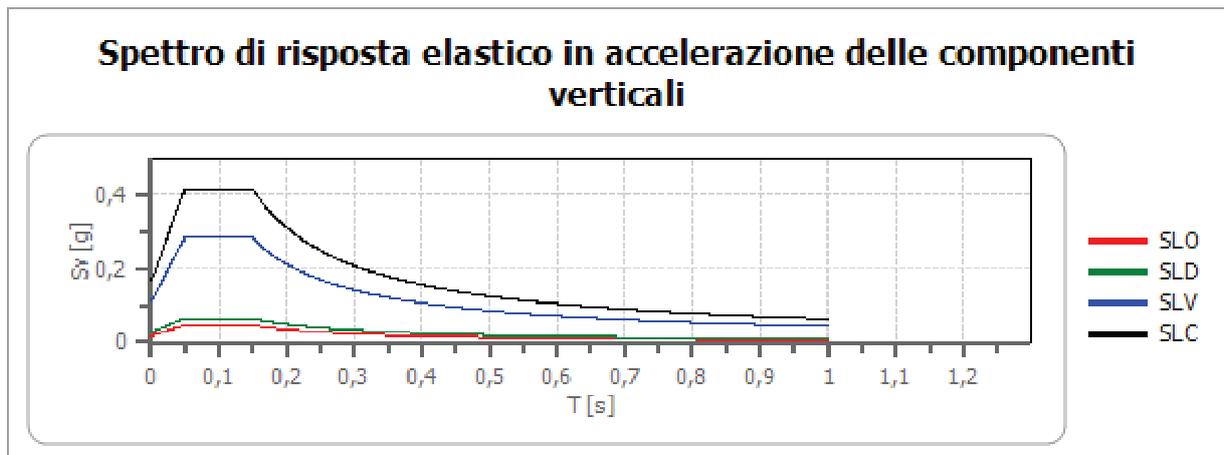
5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,056	2,490	0,270	1,500	1,620	1,000	1,500	1,000	0,146	0,437	1,825	0,084	0,210
SLD	1,5	0,072	2,467	0,279	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,149	0,446	1,887	0,108	0,265
SLV	1,5	0,189	2,540	0,280	1,410	1,600	1,000	1,410	1,000	0,149	0,448	2,357	0,267	0,678
SLC	1,5	0,248	2,483	0,289	1,330	1,580	1,000	1,330	1,000	0,152	0,457	2,592	0,330	0,819



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,056	2,490	0,270	1	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,045
SLD	1,5	0,072	2,467	0,279	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,026	0,064
SLV	1,5	0,189	2,540	0,280	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,111	0,282
SLC	1,5	0,248	2,483	0,289	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,167	0,414

In base alle NTC, DAL RER 112/2007, Ordinanza RER 70/2012, DGR 2193/2015, in assenza di condizioni predisponenti alla potenziale liquefazione dei terreni, i fattori di amplificazione sismica per l'area in esame possono essere valutati secondo le tabelle allegate alla DGR 2193/2015, relative all'ambito A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA - PIANURA 2.

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Pianura 2. Tabella dei Fattori di Amplificazione PGA, SI1, SI2 e SI3.

Considerando la V_{s30} del sito pari a $V_{s30} = 260$ m/s, si indicano per l'area in esame i seguenti valori per i fattori di amplificazione:

- F.A. P.G.A. = 1.6
- F.A. SI 1 = 1.8
- F.A. SI 2 = 2.4
- F.A. SI 3 = 2.5

6. Considerazioni conclusive

La presente relazione ha studiato le caratteristiche dei terreni di un'area del Comune di Minerbio, per il progetto di un nuovo collegamento viario tra la SP 5 e via Sanità (lotto 1, Strada via Sanità).

Le indagini geognostiche e geofisiche hanno permesso di definire le caratteristiche geologiche e sismiche dei terreni dell'area in oggetto e trarre le seguenti conclusioni:

- la stratigrafia dell'area risulta costituita prevalentemente da alternanze di litotipi limo-argillosi da plastici a consistenti, con frequenti intercalazioni di limi argilloso-sabbiosi e sabbie argilloso-limose mediamente addensati nei primi 4 m circa di spessore. I terreni più superficiali, al di sopra del livello di falda, risultano sovraconsolidati per effetto dell'essiccamento.
- Il livello della prima falda libera superficiale, per risalita nei fori di prova, si attesta a profondità comprese tra -2.20 m e -3.40 m dal piano campagna (ottobre 2017).
- Sulla base dei parametri geotecnici ricavati dall'indagine geognostica e con le ipotesi sopra riportate, la verifica effettuata non evidenzia livelli di terreno incoerente potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefacibilità (LPI = 0).
- Dall'elaborazione della registrazione del microtremore sismico, nel grafico H/V si individua un picco principale a circa 0.8 Hz (0.84 ± 0.03 Hz), corrispondente alla frequenza fondamentale di vibrazione del sito, tipica del Bacino Sedimentario Padano.
- In relazione alla classificazione sismica l'area rientra in zona 3 e il profilo stratigrafico del terreno è riconducibile alla categoria C che comprende "Depositi di 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 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

Da quanto sopra riportato, si ritengono sufficientemente documentate le condizioni geologiche geotecniche e sismiche del sito in esame, in relazione all'intervento in progetto (ai sensi del DM 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni; Circolare LL.PP. n. 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni").

ALLEGATI

A. Elaborati delle indagini geognostiche

Modena, 3 novembre 2017

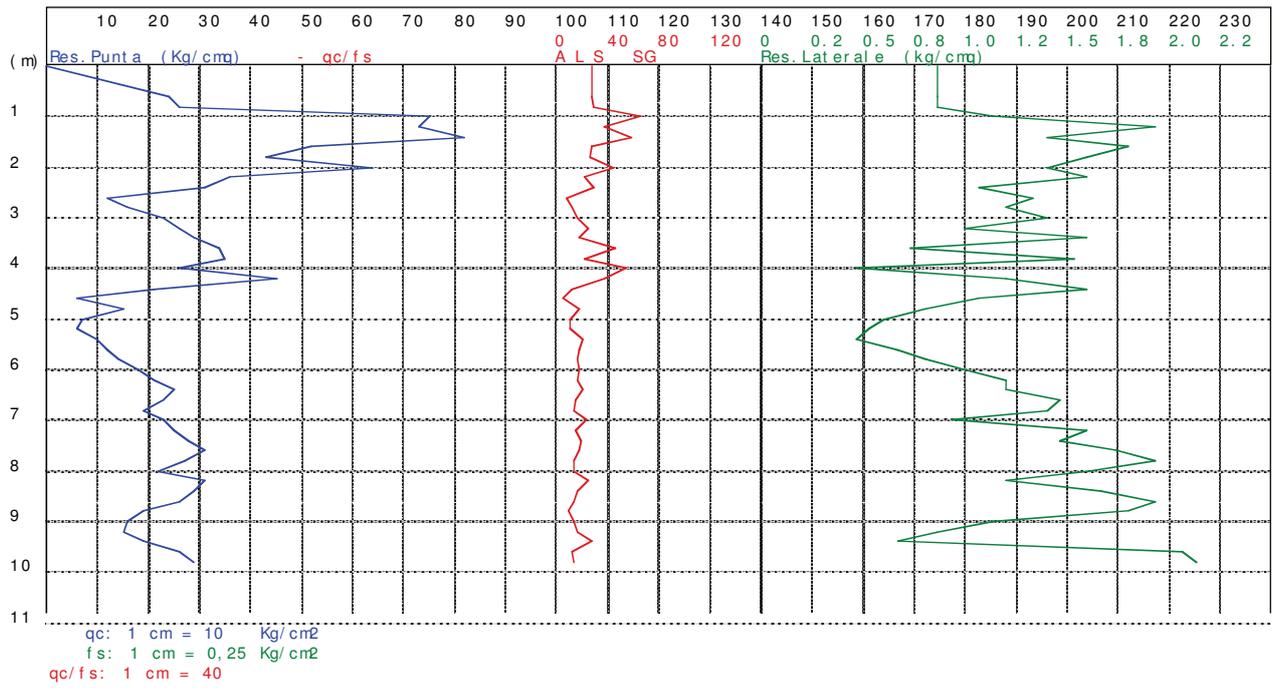
dott. geol. Claudio Preci



ELABORATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

ALLEGATO A

CPT n°1 data: 13/10/2017 elaborato n°105
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Mnerbio



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

CPT n°1 data: 13/10/2017 elaborato n°105
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Mnerbio

Prof ml	Strati	Ti pol o gi a	Gamma kg/ m ³	Gamma' kg/ m ³	Si g m a' V kg/ cm ²	CU kg/ cm ^q	FI °	DR %	Mv cm ² / Kg	K or i z Kg/ cm ³	Per m. cm' sec
0.80		Li m o arg il - sab bi o so addensato me di o	1887	1887	0.151	1.217	32	0	0.013605	1.6333	3.2e-3
1.40		Sab bi a li m me di a re n te addensata	1750	1750	0.256	0.000	30	84	0.006522	3.8333	4.2e-2
2.00		Sab bi a arg il - li m o sa addensata me di a	1700	1700	0.358	0.000	27	65	0.012579	3.5333	7.3e-3
		Li m o arg il lo so consi st en te	1888	1238	0.531	1.209	26	0	0.013487	1.6476	2.3e-4
	FALDA										
3.40		Sab bi a arg il - li m o sa addensata me di a	1700	1050	0.615	0.000	24	40	0.019048	2.3333	1.0e-2
4.20		Arg il la li m o sa pl ast i ca	1765	1115	0.749	0.504	20	0	0.018159	1.0833	8.3e-6
5.40		Li m o arg il lo so pl ast i co	1810	1160	0.819	0.692	21	0	0.014010	0.9778	1.5e-4
6.00		Li m o arg il lo so consi st en te	1883	1233	1.287	1.130	21	0	0.013950	1.5930	7.4e-5
9.80											

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

RELAZIONE TECNICA

CPT n°1 data:13/10/2017 elaborato n°105
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Minerbio

Quota livello di falda: 2.80

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.60	24.00	0.87	27.69
0.80	26.00	0.87	30.00
1.00	75.00	1.13	66.18
1.20	73.00	1.93	37.76
1.40	82.00	1.40	58.57
1.60	52.00	1.80	28.89
1.80	43.00	1.60	26.88
2.00	64.00	1.40	45.71
2.20	36.00	1.60	22.50
2.40	31.00	1.07	29.06
2.60	12.00	1.33	9.00
2.80	16.00	1.20	13.33
3.00	23.00	1.40	16.43
3.20	26.00	1.00	26.00
3.40	29.00	1.60	18.13
3.60	34.00	0.73	46.36
3.80	35.00	1.53	22.83
4.00	26.00	0.47	55.71
4.20	45.00	1.20	37.50
4.40	21.00	1.60	13.13
4.60	6.00	1.07	5.63
4.80	15.00	0.80	18.75
5.00	7.00	0.60	11.67
5.20	6.00	0.53	11.25
5.40	10.00	0.47	21.43
5.60	12.00	0.67	18.00
5.80	14.00	0.80	17.50
6.00	18.00	1.00	18.00
6.20	21.00	1.20	17.50
6.40	25.00	1.20	20.83
6.60	23.00	1.47	15.68
6.80	19.00	1.40	13.57
7.00	23.00	0.93	24.64
7.20	25.00	1.60	15.63
7.40	28.00	1.47	19.09
7.60	31.00	1.73	17.88
7.80	27.00	1.93	13.97
8.00	22.00	1.60	13.75
8.20	31.00	1.20	25.83
8.40	29.00	1.67	17.40
8.60	26.00	1.93	13.45
8.80	19.00	1.80	10.56
9.00	16.00	1.13	14.12
9.20	15.00	0.87	17.31
9.40	19.00	0.67	28.50
9.60	26.00	2.07	12.58
9.80	29.00	2.13	13.59

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

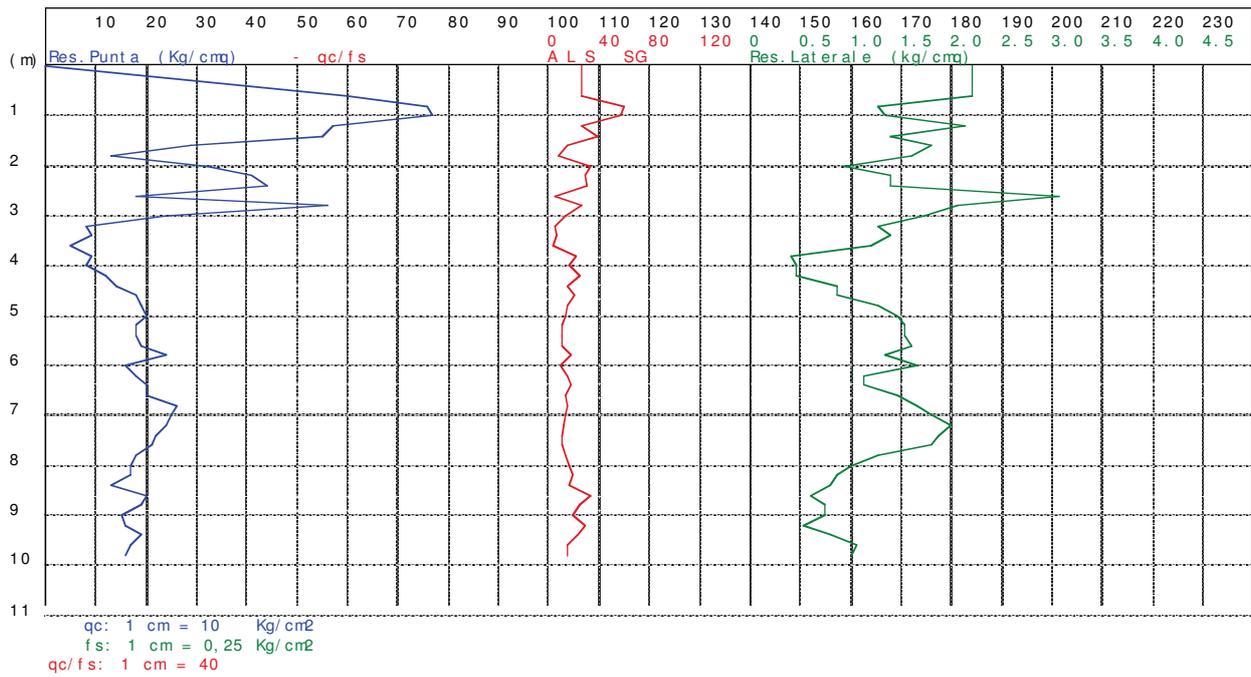


dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

CPT n°2 data: 13/10/2017 elaborato n°106
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Mnerbio



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

CPT n°3 data: 13/10/2017 elaborato n°107
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di M nerbio

Prof ml	Strati	Ti pol og ia	Gamma kg/ m3	Gamma' kg/ m3	Si gma' V kg/ cm2	CU kg/ cmq	FI °	DR %	Mv cm2/ Kg	K or iz Kg/ cm3	Per m cm/ sec
0.80		Sabbi a argil -li msa addensata medi a	1700	1700	0.136	0.000	29	61	0.023392	1.9000	6.8e-3
1.40		Sabbi a lim medi ament e addensata	1750	1750	0.241	0.000	30	85	0.006522	3.8333	3.5e-2
2.00		Argilla limosa molto consistente	1980	1980	0.360	2.265	31	0	0.004380	4.5667	2.9e-4
2.60		Sabbi a argil -li msa addensata medi a	1700	1700	0.462	0.000	26	54	0.015038	2.9556	8.0e-3
		Argilla limosa plastica	1778	1128	0.597	0.562	21	0	0.016901	1.1833	1.7e-5
3.80		Li m argilloso consistente									
			1889	1239	1.142	1.186	22	0	0.013406	1.6576	8.5e-5
8.20		Li m argilloso plasti co	1840	1190	1.333	0.827	19	0	0.014943	1.1917	2.0e-4
9.80											

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

RELAZIONE TECNICA

CPT n°2 data:13/10/2017 elaborato n°106
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Minerbio

Quota livello di falda: 2.20

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.60	60.00	2.20	27.27
0.80	76.00	1.27	60.00
1.00	77.00	1.33	57.75
1.20	57.00	2.13	26.72
1.40	55.00	1.40	39.29
1.60	29.00	1.80	16.11
1.80	13.00	1.60	8.13
2.00	32.00	0.93	34.29
2.20	41.00	1.40	29.29
2.40	44.00	1.40	31.43
2.60	18.00	3.07	5.87
2.80	56.00	2.07	27.10
3.00	24.00	1.73	13.85
3.20	8.00	1.27	6.32
3.40	9.00	1.40	6.43
3.60	5.00	1.20	4.17
3.80	9.00	0.40	22.50
4.00	8.00	0.47	17.14
4.20	12.00	0.47	25.71
4.40	14.00	0.87	16.15
4.60	18.00	0.87	20.77
4.80	19.00	1.27	15.00
5.00	20.00	1.47	13.64
5.20	18.00	1.53	11.74
5.40	18.00	1.53	11.74
5.60	19.00	1.60	11.88
5.80	24.00	1.33	18.00
6.00	16.00	1.67	9.60
6.20	18.00	1.13	15.88
6.40	20.00	1.13	17.65
6.60	20.00	1.47	13.64
6.80	26.00	1.67	15.60
7.00	25.00	1.80	13.89
7.20	24.00	2.00	12.00
7.40	22.00	1.87	11.79
7.60	21.00	1.80	11.67
7.80	18.00	1.27	14.21
8.00	17.00	1.00	17.00
8.20	17.00	0.87	19.62
8.40	13.00	0.80	16.25
8.60	20.00	0.60	33.33
8.80	19.00	0.73	25.91
9.00	15.00	0.73	20.45
9.20	16.00	0.53	30.00
9.40	19.00	0.80	23.75
9.60	17.00	1.07	15.94
9.80	16.00	1.00	16.00

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

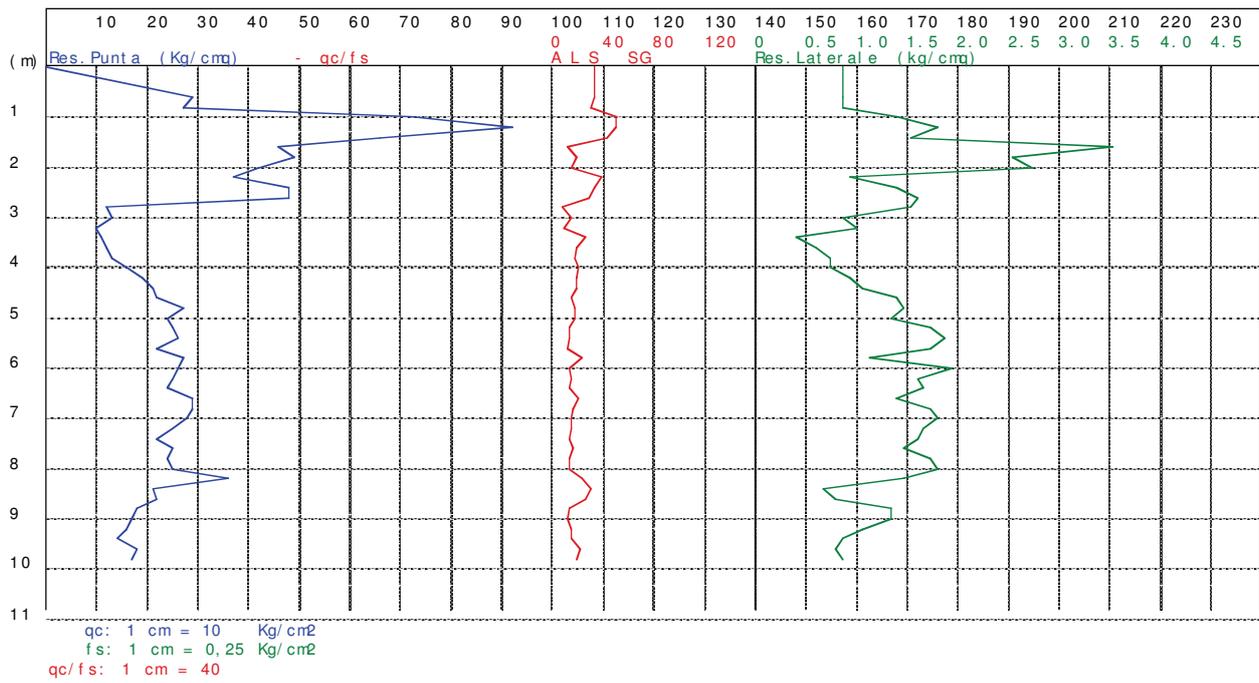


dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

CPT n°3 data: 13/10/2017 elaborato n°107
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Mnerbio



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

CPT n°3 data: 13/10/2017 elaborato n°107
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Mnerbio

Prof ml	Strati	Ti pol ogi a	Gama kg/ m3	Gama' kg/ m3	Si gma' V kg/ cm2	CU kg/ cmq	FI °	DR %	Mv cm2/ Kg	K oriz Kg/ cm3	Per m cm/ sec
0.80		Sabbia argil-limosa addensata media	1700	1700	0.136	0.000	29	61	0.023392	1.9000	6.8e-3
1.40		Sabbia lim medi ament e addensata	1750	1750	0.241	0.000	30	85	0.006522	3.8333	3.5e-2
2.00		Argilla limosa molto consistente	1980	1980	0.360	2.265	0	0	0.004380	4.5667	2.9e-4
2.60		Sabbia argil-limosa addensata media	1700	1700	0.462	0.000	26	54	0.015038	2.9556	8.0e-3
		Argilla limosa plastica									
			1778	1128	0.597	0.562	0	0	0.016901	1.1833	1.7e-5
3.80		Lim argilloso consistente									
			1889	1239	1.142	1.186	0	0	0.013406	1.6576	8.5e-5
8.20		Lim argilloso plastico									
			1840	1190	1.333	0.827	0	0	0.014943	1.1917	2.0e-4
9.80											

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

RELAZIONE TECNICA

CPT n°3 data:13/10/2017 elaborato n°107
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Minerbio

Quota livello di falda: 3.40

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.60	29.00	0.87	33.46
0.80	27.00	0.87	31.15
1.00	72.00	1.40	51.43
1.20	92.00	1.80	51.11
1.40	66.00	1.53	43.14
1.60	46.00	3.53	13.02
1.80	49.00	2.53	19.34
2.00	42.00	2.73	15.37
2.20	37.00	0.93	39.64
2.40	48.00	1.40	34.29
2.60	48.00	1.60	30.00
2.80	12.00	1.53	7.83
3.00	13.00	0.87	15.00
3.20	10.00	1.00	10.00
3.40	11.00	0.40	27.50
3.60	12.00	0.60	20.00
3.80	13.00	0.73	17.73
4.00	16.00	0.73	21.82
4.20	19.00	0.93	20.36
4.40	21.00	1.07	19.69
4.60	22.00	1.40	15.71
4.80	27.00	1.47	18.41
5.00	24.00	1.33	18.00
5.20	25.00	1.73	14.42
5.40	26.00	1.87	13.93
5.60	22.00	1.73	12.69
5.80	27.00	1.13	23.82
6.00	26.00	1.93	13.45
6.20	25.00	1.60	15.63
6.40	24.00	1.67	14.40
6.60	29.00	1.40	20.71
6.80	29.00	1.73	16.73
7.00	28.00	1.80	15.56
7.20	25.00	1.67	15.00
7.40	22.00	1.60	13.75
7.60	25.00	1.47	17.05
7.80	24.00	1.73	13.85
8.00	25.00	1.80	13.89
8.20	36.00	1.47	24.55
8.40	21.00	0.67	31.50
8.60	22.00	0.80	27.50
8.80	18.00	1.33	13.50
9.00	17.00	1.33	12.75
9.20	16.00	1.07	15.00
9.40	14.00	0.87	16.15
9.60	18.00	0.80	22.50
9.80	17.00	0.87	19.62

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

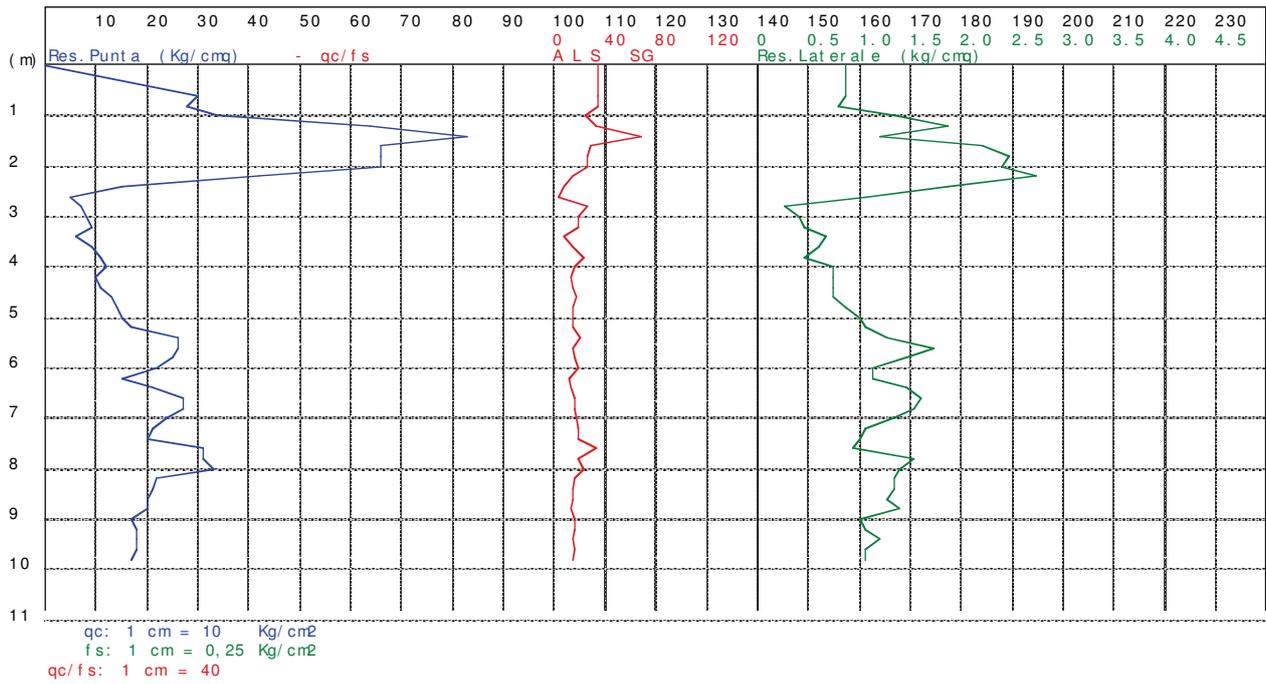


dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

CPT n°4 data: 13/10/2017 elaborato n°108
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Mnerbio



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

CPT n°4 data: 13/10/2017 elaborato n°108
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Mnerbio

Prof ml	Strati	Ti pol ogi a	Gama kg/ m3	Gama' kg/ m3	Si gma' V kg/ cm2	CU kg/ cmq	FI °	DR %	Mv cm2/ Kg	K oriz Kg/ cm3	Per m cm/ sec
1.40		Sabbi a argil -li msa addensata medi a	1700	1700	0.238	0.000	28	65	0.015608	2.8476	1.4e-2
2.20		Li m argil -sabbioso addensato medi o	2021	2021	0.400	2.980	32	0	0.005556	4.0000	1.8e-3
		Argilla li msa plasti ca									
		Li m argillo so consi st ent e	1765	1115	0.734	0.503	20	0	0.018155	1.0800	1.7e-5
5.20		Li m argillo so consi st ent e	1890	1240	1.081	1.192	22	0	0.013372	1.6619	2.3e-4
8.00		Argilla li msa consi st ent e	1862	1212	1.178	0.979	21	0	0.009639	2.0750	7.6e-5
8.80		Li m argillo so consi st ent e	1838	1188	1.297	0.815	19	0	0.014796	1.1733	7.4e-5
9.80		Li m argillo so consi st ent e									

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

RELAZIONE TECNICA

CPT n°4 data:13/10/2017 elaborato n°108
 Cantiere: Nuovo collegamento viario Lotto 1 via Sanità
 Committente: Comune di Minerbio

Quota livello di falda: 2.60

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.60	30.00	0.87	34.62
0.80	28.00	0.80	35.00
1.00	34.00	1.33	25.50
1.20	64.00	1.87	34.29
1.40	83.00	1.20	69.17
1.60	66.00	2.20	30.00
1.80	66.00	2.47	26.76
2.00	66.00	2.40	27.50
2.20	42.00	2.73	15.37
2.40	15.00	1.87	8.04
2.60	5.00	1.07	4.69
2.80	7.00	0.27	26.25
3.00	8.00	0.40	20.00
3.20	9.00	0.47	19.29
3.40	6.00	0.67	9.00
3.60	9.00	0.60	15.00
3.80	11.00	0.47	23.57
4.00	12.00	0.73	16.36
4.20	10.00	0.73	13.64
4.40	11.00	0.73	15.00
4.60	13.00	0.73	17.73
4.80	14.00	0.87	16.15
5.00	15.00	1.00	15.00
5.20	17.00	1.07	15.94
5.40	26.00	1.27	20.53
5.60	26.00	1.73	15.00
5.80	25.00	1.47	17.05
6.00	22.00	1.13	19.41
6.20	15.00	1.13	13.24
6.40	21.00	1.47	14.32
6.60	27.00	1.60	16.88
6.80	27.00	1.53	17.61
7.00	24.00	1.33	18.00
7.20	21.00	1.07	19.69
7.40	20.00	1.00	20.00
7.60	31.00	0.93	33.21
7.80	31.00	1.53	20.22
8.00	33.00	1.40	23.57
8.20	22.00	1.33	16.50
8.40	21.00	1.33	15.75
8.60	20.00	1.27	15.79
8.80	20.00	1.40	14.29
9.00	17.00	1.00	17.00
9.20	18.00	1.07	16.88
9.40	18.00	1.20	15.00
9.60	18.00	1.07	16.88
9.80	17.00	1.07	15.94

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: v. W. Tabacchi 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 cell. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it