

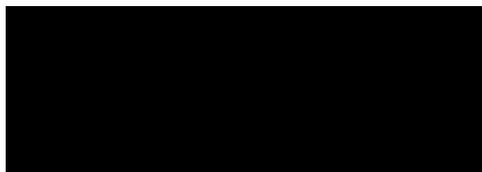
GEOLOGIA AMBIENTALE ED IDROGEOLOGICA

*indagini geologiche e geotecniche
consulenze
analisi di laboratorio e prove in sito*

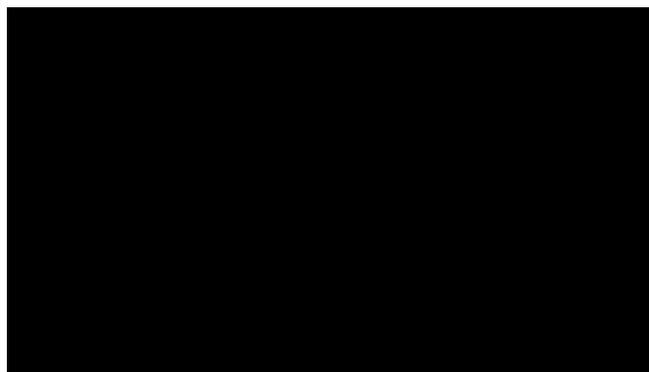
*Dott. Geol. MARCO MANTOVANI
Viale Rinascita, 12 - 46028 Sermide e Felonica (MN)
Tel. 0386/61891-62398 *Fax 0386/61891
E-mail m.mantovani5@virgilio.it*

**STUDIO GEOTECNICO E SISMICO SUI TERRENI
DI FONDAZIONE DA DESTINARSI ALLA COSTRUZIONE
DI UNITÀ IMMOBILIARI AD USO CIVILE ABITAZIONE
DA ERIGERSI IN VIA G. DELEDDA – COMPARTO
BORGHI GELATI A STUFFIONE DI RAVARINO (MO) E
ORDINANZA N. 0002 – 12A06461 – G.U. N. 130 DEL 06
GIUGNO 2012**

COMMITTENTE:



SERMIDE, MARZO 2021



INDICE

1) PREMESSA	Pag.	3
2) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	Pag.	6
3) ANALISI DEI VINCOLI – RISCHIO ALLUVIONI	Pag.	7
3.1) Idrografia di superficie ed esondabilità	Pag.	13
3.2) Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture	Pag.	14
4) INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	Pag.	15
5) SUBSIDENZA	Pag.	26
6) INQUADRAMENTO IDROLOGICO, IDROGEOLOGICO E STRATIGRAFIA LOCALE - CENNI	Pag.	27
7) RISULTATI DELLE INDAGINI EFFETTUATE – ELABORAZIONE DATI PENETROMETRICI	Pag.	31
7.a) Calcolo cedimenti	Pag.	34
7.b) FONDAZIONI SUPERFICIALI	Pag.	35
8) CARATTERIZZAZIONE SIMICA DELL’AREA	Pag.	40
8.1) Tecnica di misurazione	Pag.	40
8.2) Effetti di sito – Risposta Sismica Locale	Pag.	41
8.3) Profilo velocità delle onde S e classificazione sottosuolo secondo D.M. 17.01.2018	Pag.	42
8.4) Vulnerabilità sismica dell’opera	Pag.	44
8.5) Parametri sismici di sito	Pag.	50
9) RISCHIO LIQUEFAZIONE	Pag.	60
9.1) Stima dei fattori di amplificazione sismica	Pag.	83
10) ANALISI TERZO LIVELLO	Pag.	85
10.1) Stima dei cedimenti permanenti post-sismici	Pag.	86
11) CONCLUSIONI	Pag.	90
Calcolo cedimenti	Pag.	93

In allegato:

- *Planimetria punto prova;*
- *Tabulati prova penetrometrica.*

1) P R E M E S S A

Nel mese di Marzo 2021, lo scrivente veniva incaricato da *INCO ENRIC S.r.l.* – Vicolo del Guazzo, 20 Piacenza (PC) - di eseguire uno studio integrativo geotecnico e sismico sui terreni di fondazione da destinarsi alla costruzione di unità immobiliari ad uso civile abitazione da erigersi in Via G. Deledda – Comparto Borgo Gelati – Stuffione di Ravarino (MO) e adeguamento Ordinanza n. 0002 – G.U. n. 130 del 6 giugno 2012.

Legislazione:

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Istruzioni per l'applicazione dell'«*Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”*» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario – Aggiornamento delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle “*Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI.

Regione Emilia Romagna. Deliberazione della Giunta Regionale 29 Aprile 2019, n. 630.

Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. N. 24/2017.

Regione E.R. – D.g.r. 1300/2016 del 01 agosto 2016

Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del “*Progetto*”

di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)", adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015.

Regione Emilia Romagna. Deliberazione della Giunta Regionale 21 Dicembre 2015, n. 2193

Art. 16 della L.R. n. 20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di micronizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

C.N.R. - Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali – U.O.S. Milano. Settembre 2015

Abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione per le indagini di microzonazione sismica di secondo livello in Emilia-Romagna

P.T.C.P 2009 Provincia di Modena

Adottato con D.C.P n. 112 del 22/07/2008 e approvato con D.C.P. n. 46 del 18/03/2009. Carte 2. Carte delle Sicurezze del Territorio. 2.2 Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali. Tavola 2.2 a.3. Scala 1: 25.000. 2.3 Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica. Tavola 2.3.1. Scala 1: 25.000.

Regione Emilia Romagna. Deliberazione dell'Assemblea Legislativa del 2 maggio 2007, n. 112

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1 della L.R. 20/00 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (proposta della Giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n. 1).

Regione Emilia Romagna. Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione a seguito dei terremoti del 20 e 29 Maggio 2012 n° 70 del 13 / 11 / 2012

Mappe delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica dei 17 Comuni con IMCS ≥ 6

Regione Emilia Romagna. Determinazione Dirigenziale n. 12418 del 02/10/2012.

Approvazione degli elaborati cartografici concernenti la delimitazione delle aree nelle quali si sono manifestati gravi effetti di liquefazione a seguito degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 e degli indirizzi per interventi di consolidamento dei terreni.

Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile 2 giugno 2012 n. 0002

Procedure per la valutazione della sicurezza e dell'agibilità sismica degli edifici ad uso produttivo in conseguenza degli eventi sismici che hanno colpito il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Reggio Emilia, Mantova e Rovigo nel mese di maggio 2012.

Regione Emilia Romagna. Ordinanza n. 51 del 5 Ottobre 2012

Criteri e modalità di assegnazione di contributi per la riparazione e il ripristino con miglioramento sismico di edifici e unità immobiliari ad uso abitativo che hanno

subito danni significativi dagli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 e che sono stati dichiarati inagibili.

Regione Emilia Romagna. Ordinanza n. 86 del 6 dicembre 2012

Criteri e modalità di assegnazione di contributi per la riparazione, il ripristino con miglioramento sismico o la demolizione e ricostruzione di edifici e unità immobiliari ad uso abitativo che hanno subito danni gravi a seguito degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 e che sono stati dichiarati inagibili (ESITO E1, E2 o E3).

Inoltre, il territorio comunale di Ravarino in base alla Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica – in cui il territorio comunale viene individuato in **Zona Sismica 3 – Terza categoria** –. Da evidenziare che tale categoria risulta confermata anche con la Ordinanza n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio dei Ministri – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone –.

L'indagine è stata articolata mediante n. 01 prova penetrometrica statica – CPT1- spinta fino alla profondità di m. -30,80 dall'attuale p. campagna: essa risulta ubicata come indicato nello schema planimetrico allegato.

La prova penetrometrica è stata eseguita allo scopo di determinare la resistenza alla punta R_p del terreno di fondazione e per un approccio all'analisi di risposta sismica locale.

Per la verticale effettuata è stato usato un penetrometro statico con spinta massima nominale di 20 Ton. e operante secondo le norme AGI. Esso risulta munito di speciale punta Begemann, con le seguenti caratteristiche: diametro punta 35,7 mm, angolo di apertura 60° , area di base 10 cm^2 ; manicotto laterale di frizione tipo Begemann con diametro di 36 mm. lunghezza 13,3 mm. area laterale $150,42 \text{ cm}^2$. Tale punta ha permesso di valutare la R_p (resistenza alla punta) e la R_f (resistenza laterale locale): i valori ottenuti sono negli allegati diagrammi, assieme ai rispettivi valori del rapporto Begemann (R_p/R_f). Negli allegati sono diagrammati i risultati ottenuti della prova penetrometrica effettuata.

Inoltre si sono effettuati la valutazione delle velocità V_{s30} di sito e ricercato il tremore sismico ambientale. Queste indicazioni sono state effettuate tramite **tomografo digitale**.

Il Tromografo digitale è specifico per l'acquisizione del rumore sismico ambientale e/o vibrazioni indotte. Si tratta di un apparecchio portatile tutto-in-uno di $10 \times 7 \times 14 \text{ cm}$ e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterno.

2) INQUADRAMETO GEOGRAFICO

L'area oggetto del presente lavoro risulta compresa nella Tavoletta F° N° 75 III N.E. "CAMPOSANTO" in scala 1: 25.000 dell'Istituto Geografico Militare Italiano e più precisamente nella Sezione N° 202020 "CAMPOSANTO" della C.T.R. Regione Emilia Romagna in Scala 1: 10.000.

Il futuro intervento risulterà realizzato presso il Comune Censuario di Ravarino (MO) e precisamente nella località Stuffione, Comparto Borgo Gelati, Via G. Deledda – Fg. 11 mapp. 392, 393, 394.

L'individuazione più precisa dell'ubicazione dell'area in esame, risulta individuata nell'area situata in fregio alla chiesa di Stuffione e compresa tra via G. Matteotti e Via Carducci. Precisamente si transita per quest'ultima strada fino all'incrocio con Via G. Deledda che immette nel comparto ove ha sede il lotto oggetto del presente rapporto.

Il sito risulta compresa nella bassa pianura modenese con una quota media di ca. m.s.m. +19.60/+20.60

Coordinate geografiche:

Longitudine: 11° 06' 57,66" E - Latitudine: 44° 45' 12,06" N

Coordinate WGS84 GD

11.11601666666667 Long. E - 44.75335 Latit. N

Coordinate Piane Gauss-Boaga Roma 40

1667520.265 m. E - 4957747.165 m. N

Coordinate UTM ED50

Fuso 32T 667573.265 m. E - 4957927.165 m. N

Coordinate WGS84 gps

11°06.9610 Long. E - 44°45.2010 Latit. N

Classe d'uso:

II

Vita Nominale (V_N):

anni 50

Vita Riferimento Azione Sismica (V_R):

anni 50

Tempo ritorno:

anni 475

Categoria sottosuolo:

D

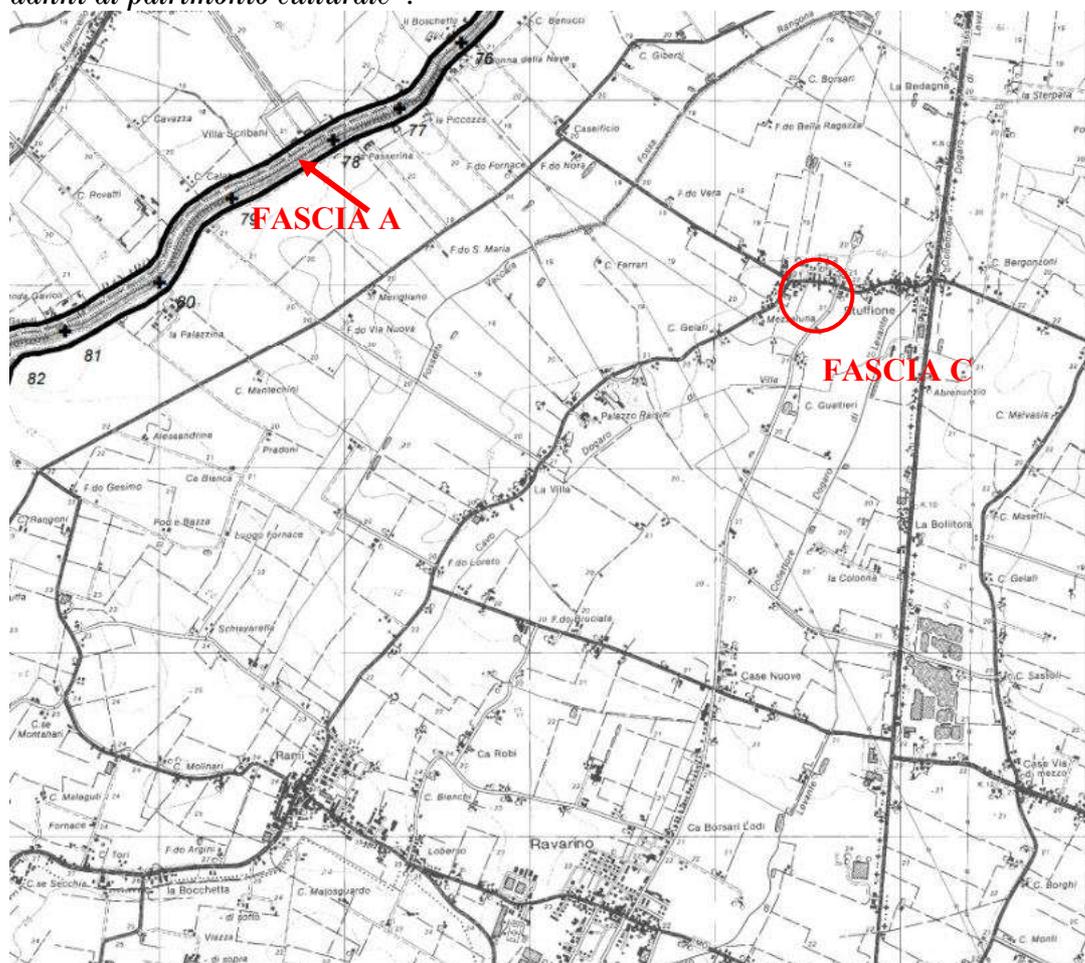
Categoria topografica:

T1

3) ANALISI DEI VINCOLI – RISCHIO ALLUVIONI

L'area in studio a riguardo del "PAI" in base al D.G.R. 11.12.2001 n° 7/7365 "Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della Legge 18 maggio 1989, n° 183" si trova ricadente nella Fascia C, o Area di inondazione per piena catastofica, che può essere interessata da eventuali inondazioni verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

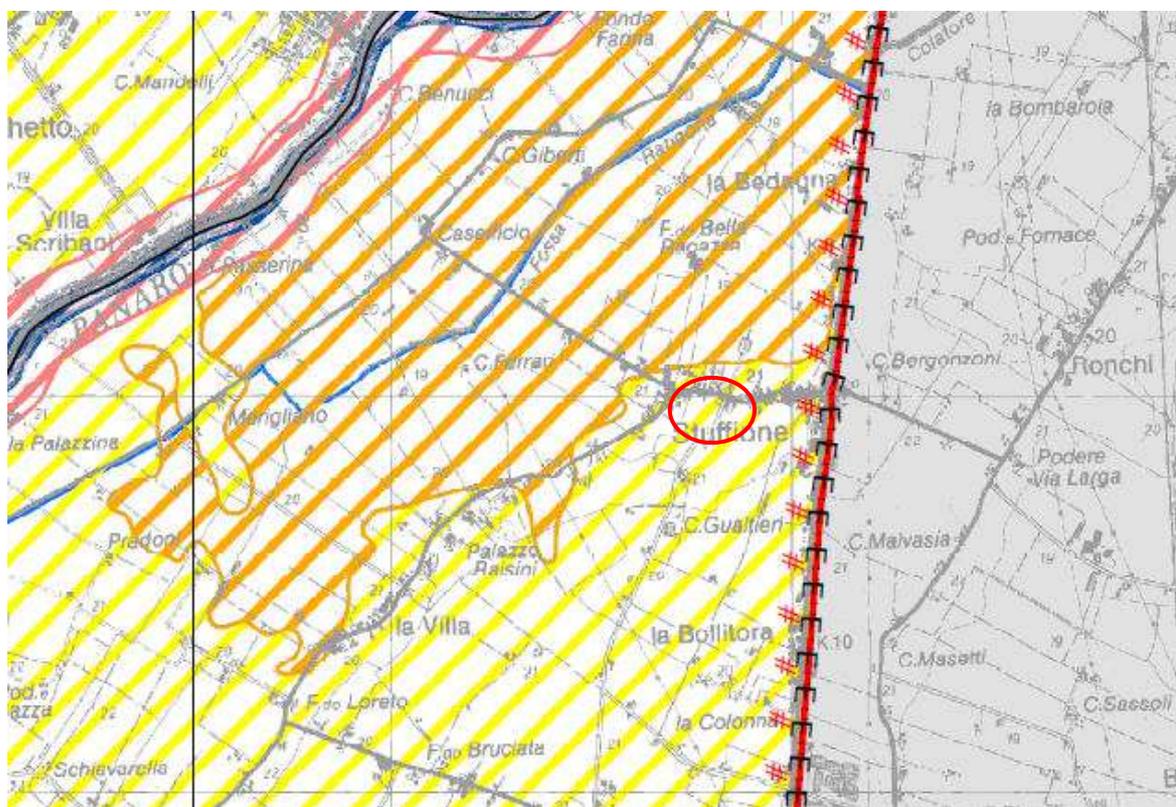
Inoltre, sempre PAI (2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici...) indica il territorio comunale di Ravarino con Rischio idrogeologico totale pari a 3 (elevato) e per esondazione, ovvero a fenomeni di lenta espansione delle piene con allagamenti progressivi, esondazioni su superfici limitate del reticolato secondario. I dissesti risultano da moderati a medi. R3: "per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale".



PAI - Stralcio Foglio 202 Sez. IV – Crevalcore PANARO 05 SECCHIA 06 – scala 1: 25.000

 Area oggetto dell'intervento

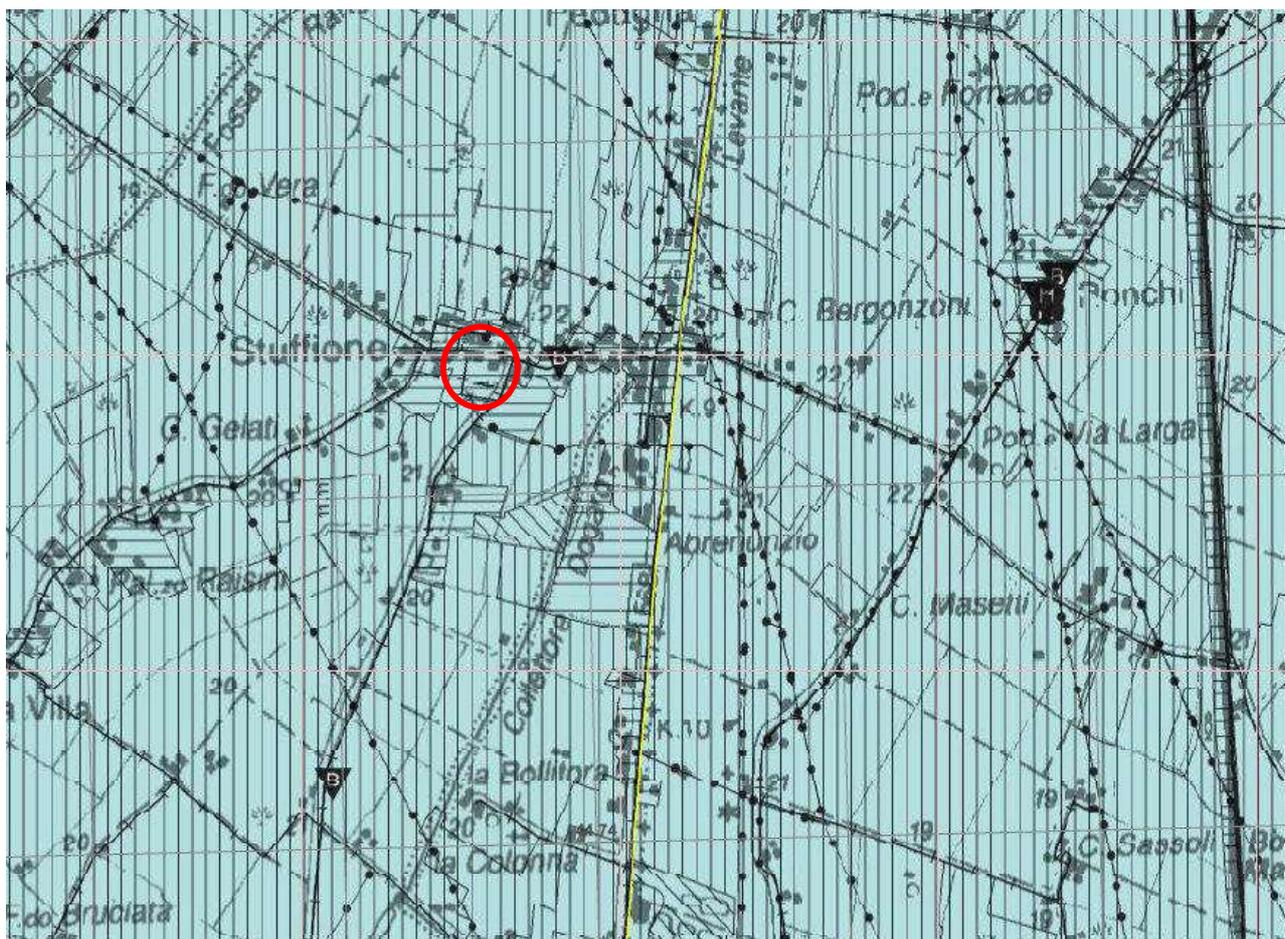
Ad una disamina del vigente PTCP e relativa Carta 2.3.1 “Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica” l’area oggetto dell’intervento risulta individuata “a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica.



PTCP - Stralcio CARTE 2 – Carte delle Sicurezze del Territorio – 2.3.1 Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica – scala 1: 50.000

 Area oggetto dell’intervento

Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell’acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)



ESTRATTO P.G.R.A. Mappa della Pericolosità: Reticolo Principale

- Piano Gestione Rischio Alluvioni – Tav. 202 NO

 Area oggetto dell'intervento

Scenari di Pericolosità

-  P3 – H (Alluvioni frequenti:
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
-  P2 – M (Alluvioni poco frequenti:
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
-  P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

**Elementi
Potenzialmente
Esposti**

areali

Zone urbanizzate 

Attività produttive 

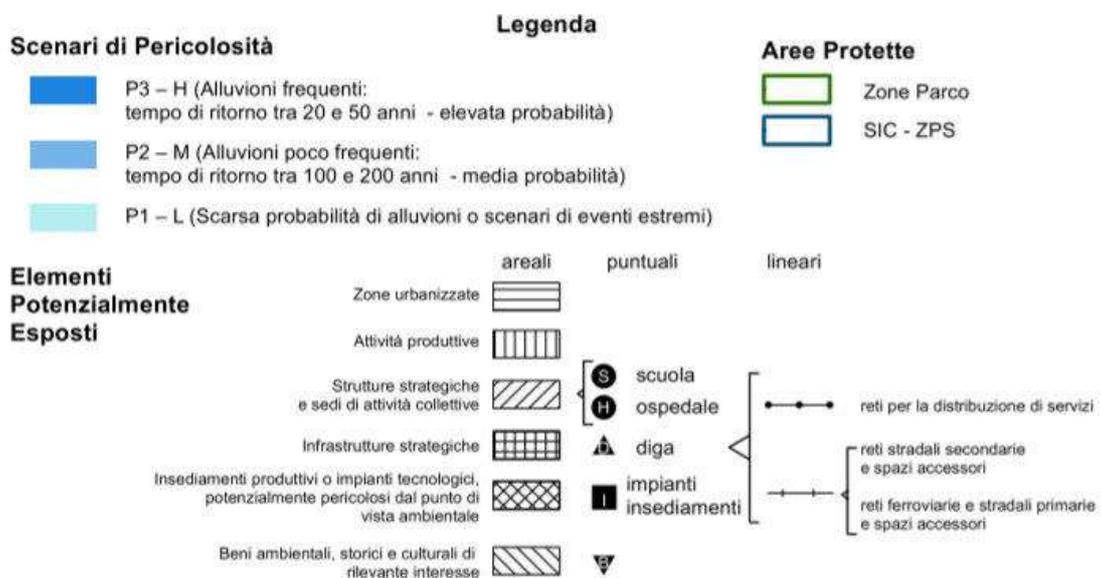


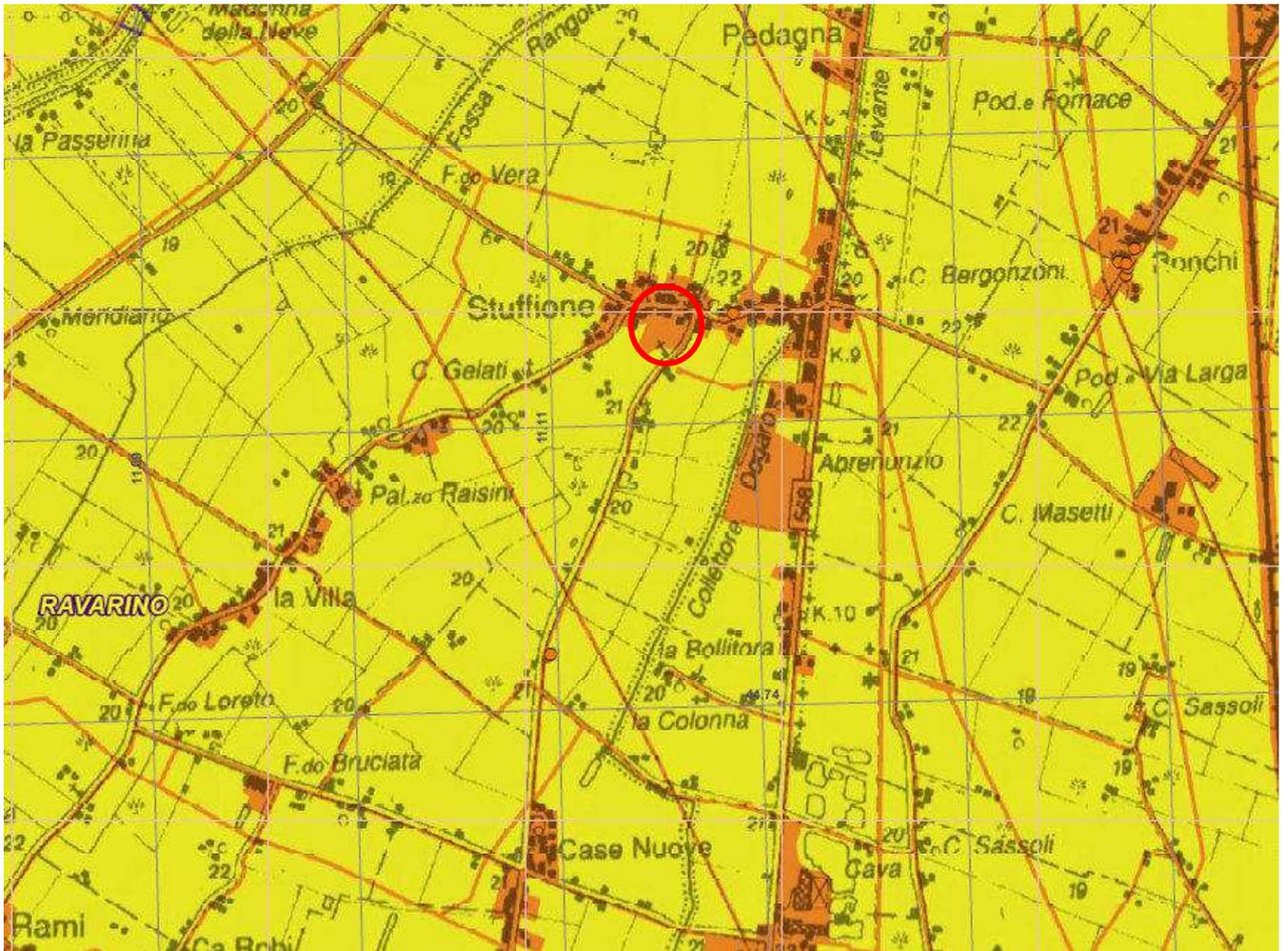
ESTRATTO P.G.R.A. Mappa della Pericolosità: Reticolo Secondario di Pianura

- Piano Gestione Rischio Alluvioni – Tav. 202 NO



Area oggetto dell'intervento





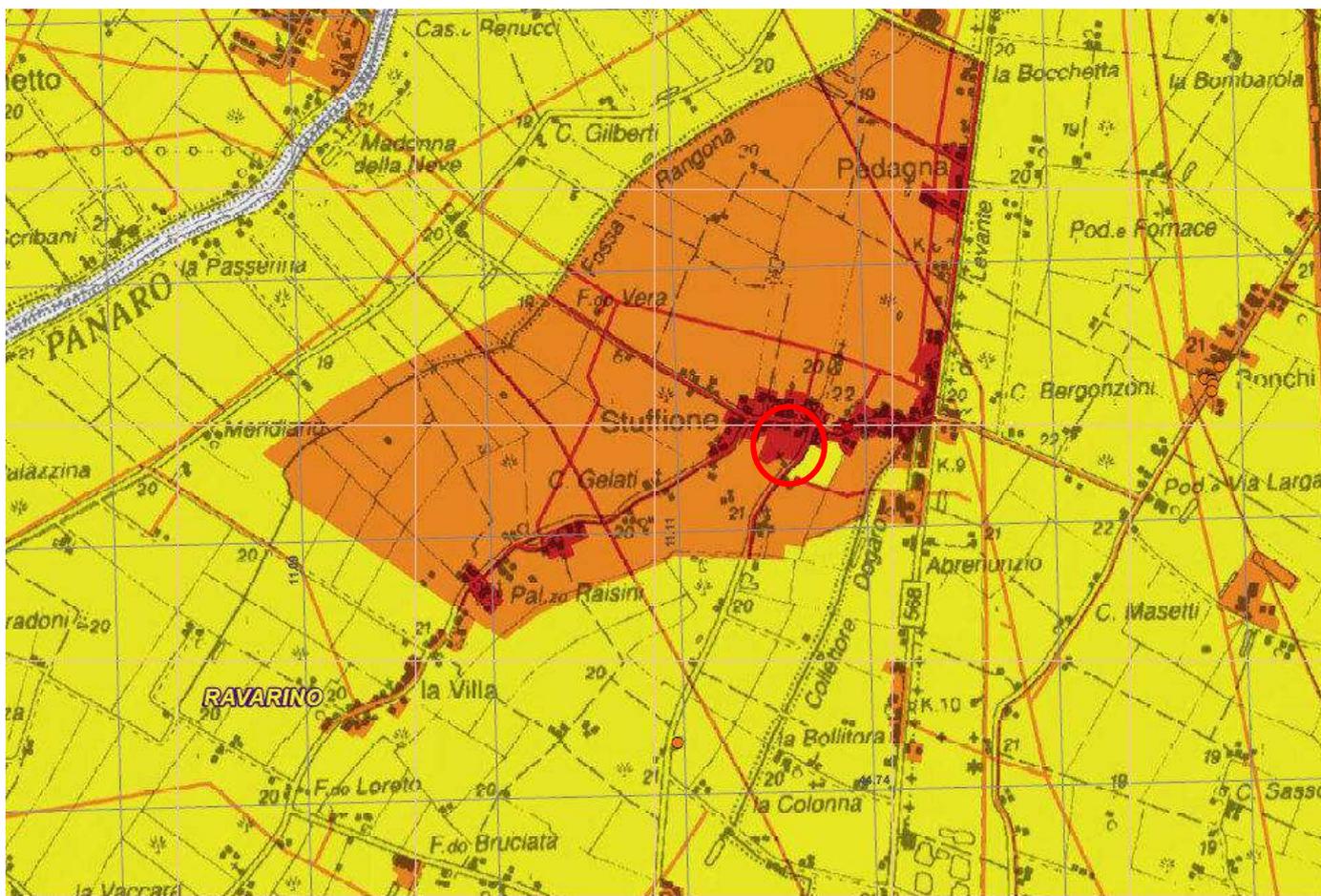
ESTRATTO P.G.R.A. Mappa del Rischio Potenziale: Reticolo Principale

- Piano Gestione Rischio Alluvioni – Tav. 202 NO



Area oggetto dell'intervento





ESTRATTO P.G.R.A. Mappa del Rischio Potenziale: Reticolo Secondario di Pianura

- Piano Gestione Rischio Alluvioni – Tav. 184 SO

 Area oggetto dell'intervento



3.1) Idrografia di superficie ed esondabilità ai sensi della DGR 1300/2016

L'ubicazione del sito in esame all'interno delle Mappe di Pericolosità e di Rischio riferite al Reticolo Principale di Pianura e di fondovalle (RP) e al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) ha evidenziato le seguenti particolarità:

- Per quanto riguarda il **Reticolo Principale nella Mappa di Pericolosità** l'area in esame ricade nel settore P1 – L (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi);
- Per quanto riguarda il **Reticolo Secondario di Pianura nella Mappa di Pericolosità**, l'area in esame ricade nel settore P3 – M (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni – elevata probabilità)
- Per quanto riguarda il **Reticolo Principale nella Mappa del Rischio Potenziale** l'area in esame ricade nel settore R2 (rischio medio);
- Per quanto riguarda il **Reticolo Secondario di Pianura nella Mappa del Rischio Potenziale**, l'area in esame ricade nel settore R3 (rischio elevato);

Quindi in base alle indicazioni contenute nel DGR 1300/2016, nelle aree ricadenti nelle classi di pericolosità R3 o R2 del Reticolo Secondario di Pianura è necessario mettere in atto:

- a) misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- b) misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

3.2) Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture.

Si riportano di seguito le indicazioni di massima da seguire per ridurre il rischio di danneggiamento di beni e strutture in caso di allagamento.

La quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

È da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;
- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;
- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;
- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);
- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.

Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.

Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

Comunque si precisa che zona in esame non rientra nelle aree storicamente allagate.

4) INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Questa porzione di Pianura Padana ricade nell'ampio bacino subsidente padano-orientale, nel quale in tempi storici hanno divagato oltre al fiume Po, anche in tempi storici, Secchia a Nord – Ovest e Panaro a Sud-Est, generando in gran parte l'assetto morfologico e altimetrico del territorio.

I terreni affioranti sono di origine continentale e riferibili all'Olocene (forse continentale del Quaternario). La loro genesi risulta chiaramente attribuibile all'ambiente fluviale instauratosi ed alle loro leggi idrodinamiche. Siamo in presenza di alternanze litologiche argillose-limose-torbose ed a sabbie medio-fini, la cui disposizione e percentuale risulta in stretta correlazione con i bacini idrografici creatisi.

Infatti, l'azione modellatrice dei corsi d'acqua, genera precisi cicli di sedimentazione: i sedimenti più grossolani (sabbie medio-fini) costituiscono l'alveo del fiume, mentre i sedimenti più fini (argille e limi) vengono trasportati e depositi in zone più distanti dal percorso del fiume, ovvero nella sua zona di esondazione. I sedimenti fini sono più compressibili e plastici rispetto a quelli granulosi che formano il letto del fiume e così, in questo modo, si formano i dislivelli tra corsi d'acqua e territorio circostante.

La conoscenza dello schema geologico di questi terreni superficiali, con età olocenica e pleistocenica, si basa oltre che sui dati raccolti in situ (sondaggi e perforazioni di pozzi) anche sui dati forniti da pozzi E.N.I. per la ricerca di idrocarburi, relativamente vicini all'area in studio e ubicati in Mirandola, Poggio Rusco, Novi di Modena, Pilastrì, Ficarolo, Camposanto e pubblicati da E.N.I. in "Acque Dolci Sotterranee", 1972.

Le indicazioni emerse da queste terebrazioni sono significative solamente ai fini della geologia di superficie. In essi si identifica molto facilmente, come questi terreni siano stati interessati da una forte subsidenza post-pliocenica, la quale ha permesso un notevole accumulo di sedimenti alluvionali. Solamente in tempi recenti la subsidenza si è attenuata mantenendosi sui livelli attuali. Precisamente al di sotto delle alluvioni fluviali, ad una profondità compresa tra 400 m (c/o Bomporto) e 80 m (c/o Mirandola), è posto il tetto del substrato marino di età pre-olocenica. Questo è caratterizzato da tre elementi strutturali quali la *Zona delle Pieghe Appenniniche*, la *Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia* e la *Dorsale Ferrarese* (anticlinale).

La zona delle *Pieghe Appenniniche* risulta costituita da una successione di anticlinali e sinclinali con vergenza verso gli appennini. Risultano spesso fagliate con sovrascorrimenti sul fianco Nord. La *sinclinale* nell'area di Bomporto raggiunge la sua massima depressione portando la base del Quaternario a circa 2.500,3.000 m e quella del Pliocene a circa 6.000 m. Questa si raccorda a nord mediante una monoclinale con la *dorsale*, che con ogni probabilità è costituita da una serie di pieghe associate a faglie che nel complesso costituiscono una struttura fortemente sollevata (Gasperi G. e Pellegrini M., 1981). Le massime culminazioni

di questa si hanno a S. Felice s/P, Camurana di Medolla, Mirandola, S. Possidonio, Vallalta di Concordia e Novi di Modena

Per quanto riguarda la struttura geologica dei sedimenti appartenenti a profondità maggiore, questa è legata agli studi eseguiti con varie metodologie geofisiche negli ultimi 30 anni dall'Agip.

Queste ricerche effettuate, sia in quest'area che in altre limitrofe, sono state di tipo gravimetrico, magnetico, sismico a riflessione e a rifrazione ed elettrotellurico. Esse hanno messo in luce l'andamento e l'assetto degli strati fino a una profondità di oltre 5.000 m. Per una miglior comprensione si osservino i profili strutturali, che meglio indicano tale situazione. Le notizie emerse da queste indagini indicano che la base dei sedimenti quaternari si trova a ca. m. 100 nell'area Nord del comune mentre si individua a ca. m. 2000 – 2500 nella zona Sud. Essi sembra siano caratterizzati da una certa tranquillità tettonica. I terreni più antichi, cioè quelli pliocenici (loro base nell'area a Nord 400-500 m, mentre nell'area Sud la base è individuata a ca. m. 5.000-6.000) e pre-pliocenici, sono risultati immergenti dalle Alpi con un assetto monoclinale che rappresenta la continuazione di quelli affioranti nei monti Lessini e le pieghe appenniniche riconducibili ai tre archi principali, ovvero *Arco del Monferrato* (da Torino a Tortona), *Arco delle Pieghe Emiliane* (estensione dall'Appennino Vogherese a San Colombano e a Sud fino alla linea del Sillaro), *Arco delle Pieghe Ferraresi e Romagnole* (situate nella parte Nord-Est dell'Appennino Emiliano Orientale). Inoltre, le lacune riscontrate nei sondaggi (probabilmente tra Paleogene e Neogene) non sono accompagnate da discordanze apprezzabili. Inoltre sotto l'aspetto tettonico essi risultano fortemente fratturati, come evidenziano tutte le linee di faglia tracciate. A conferma di ciò, anche dalla lettura della Carta Degli elementi Tettonici significativi, emerge che il territorio interessato dal presente studio non risulta interessato da una tranquillità tettonica. Infatti, esso è caratterizzato da disturbi tettonici apprezzabili, come risulta dalla rete di faglie e accavallamenti descritti e precisamente quelli riferiti all'Arco delle Pieghe Ferraresi – Romagnole.

L'unità caratterizzante di queste pieghe nell'area in oggetto è la *Dorsale Ferrarese*. Risulta costituita da pieghe, pieghe-faglie e faglie molto inclinate ad orientamento WNW-ESE, vergenti verso NNE. Le sue culminazioni principali sono costituite dalle anticlinali di Ficarolo, di Poggio Rusco, di Mirandola e di Novi – Correggio. La peculiarità di questo sistema di pieghe è che risulta costituire un alto strutturale del substrato calcareo Mesozoico, con limitati o assenti sedimenti Terziari, asportati dai processi erosivi riferiti agli eventi dell'emersione avvenuta nel Pliocene medio. Ai suoi lati si sono individuate due zone a forte subsidenza: una nell'area del delta a Nord e l'altra nel Ravennate a Sud. In particolare a Sud della Dorsale si evidenzia il bacino Emiliano Romagnolo dove la base del Pliocene si approfondisce rapidamente. Infine, lo studio di questa importante unità Tettonica ha evidenziato la sua appartenenza alla continuazione dell'Appennino Settentrionale.

Comunque si vuole sottolineare come il territorio in esame risulta recepire in modo chiaro e netto, tutta quella “dinamicità strutturale” generata dall’energia liberata come magnitudo, da eventi tellurici che si sono e possono originarsi da questa situazione tettonica e limitrofa. Si veda estratto catalogo eventi sismici alla pagina seguente riferiti alla zona di riferimento, ovvero Zona Sismogenetica ZS9 – Zona 912 “Dorsale ferrarese”

INGV – Catalogo parametrico dei Terremoti Italiani

DBMI15 versione 3.0

Editors Mario Locati, Romano Camassi, Andrea Rovida, Emanuela Ercolani, Filippo Bernardini, Viviana Castelli, Carlos Hector Caracciolo, Andrea Tertulliani, Antonio Rossi, Raffaele Azzaro, Salvatore D’Amico, Andrea Antonucci

Data archive management by Mario Locati, Andrea Rovida, Andrea Antonucci, Salvatore D’Amico

Contributors Paola Albini, Maria Giovanna Bianchi, Cecilia Ciuccarelli, Alberto Comastri, Dante Mariotti, Stefania Conte, Enrico Rocchetti

Website by Mario Locati

DBMI15 is compiled in the framework of the agreement between the Department of Civil Protection and Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia 2012-2021, Annex A.

January 2021

Ravarino

PlaceID	IT_38978
Coordinate (lat, lon)	44.722, 11.102
Comune (ISTAT 2015)	Ravarino
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	20

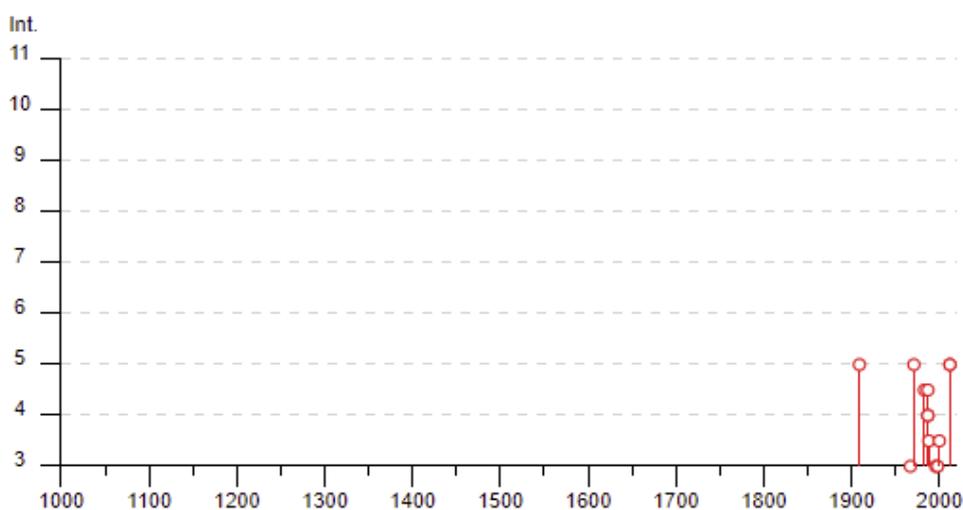
Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5		1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3		1967	04	03	16	36 18	Reggiano	45	5	4.44
5		1971	07	15	01	33 23	Parmense	228	8	5.51
NF		1971	09	11	23	18 12	Pianura emiliana	15	5	4.19

Effects	Reported earthquakes								
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io Mw
4-5		1983	11	09	16	29 52	Parmense	850	6-7 5.04
2-3		1986	12	06	17	07 1	Ferrarese	604	6 4.43
4-5		1987	05	02	20	43 5	Reggiano	802	6 4.71
4		1987	05	08	11	10 2	Bassa modenese	24	6 4.44
4		1987	07	11	01	46 5	Bassa Bolognese	15	5 4.20
3-4		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
3		1996	11	25	19	47 5	Pianura emiliana	65	5-6 4.29
NF		1996	12	16	09	09 5	Pianura emiliana	115	5-6 4.06
3		1998	02	21	02	21 0	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 7	Frignano	115	4 4.23
NF		2002	06	18	22	23 0	Frignano	186	4 4.30
NF		2002	11	13	10	48 0	Franciacorta	768	5 4.21
5		2012	05	20	02	03 5	Pianura emiliana	53	7 6.09
5		2012	05	29	07	00 0	Pianura emiliana	87	7-8 5.90

Closest localities (within 10km) with reported macroseismic observations

Place name	EQs	Distance (km)
<u>Rami</u>	2	2
<u>Crevalcore</u>	32	4
<u>Stuffione</u>	2	4
<u>Bomporto</u>	17	5

Place name	EQs	Distance (km)
<u>Solara</u>	2	5
<u>Nonantola</u>	35	7
<u>Sammartini</u>	2	7
<u>Sant'Agata Bolognese</u>	12	7
<u>Camposanto</u>	14	8
<u>Bastiglia</u>	14	8
<u>Sorbara</u>	3	8
<u>Caselle</u>	2	9
<u>Recovato</u>	1	9
<u>San Prospero</u>	18	10
<u>Staggia</u>	2	10

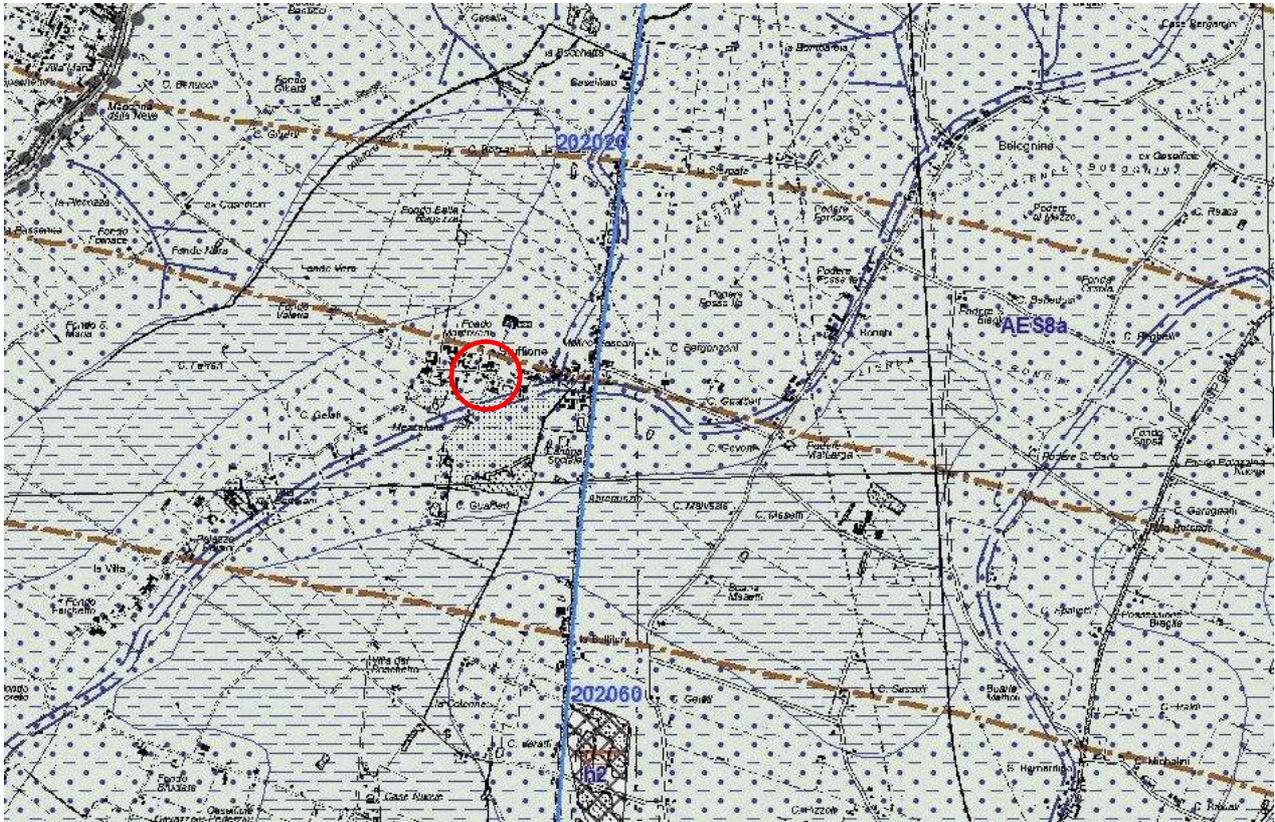


Citation

DBMI15 can be used, even partly, but it must be cited as follow:

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>

ESTRATTO DA “CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA”



Area oggetto d'intervento

184130

Elemento Sezione C.T.R. 1: 10.000



Isobata della base del pliocene



Faglia profonda diretta dedotta



Sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto



Faglia profonda indeterminata dedotta

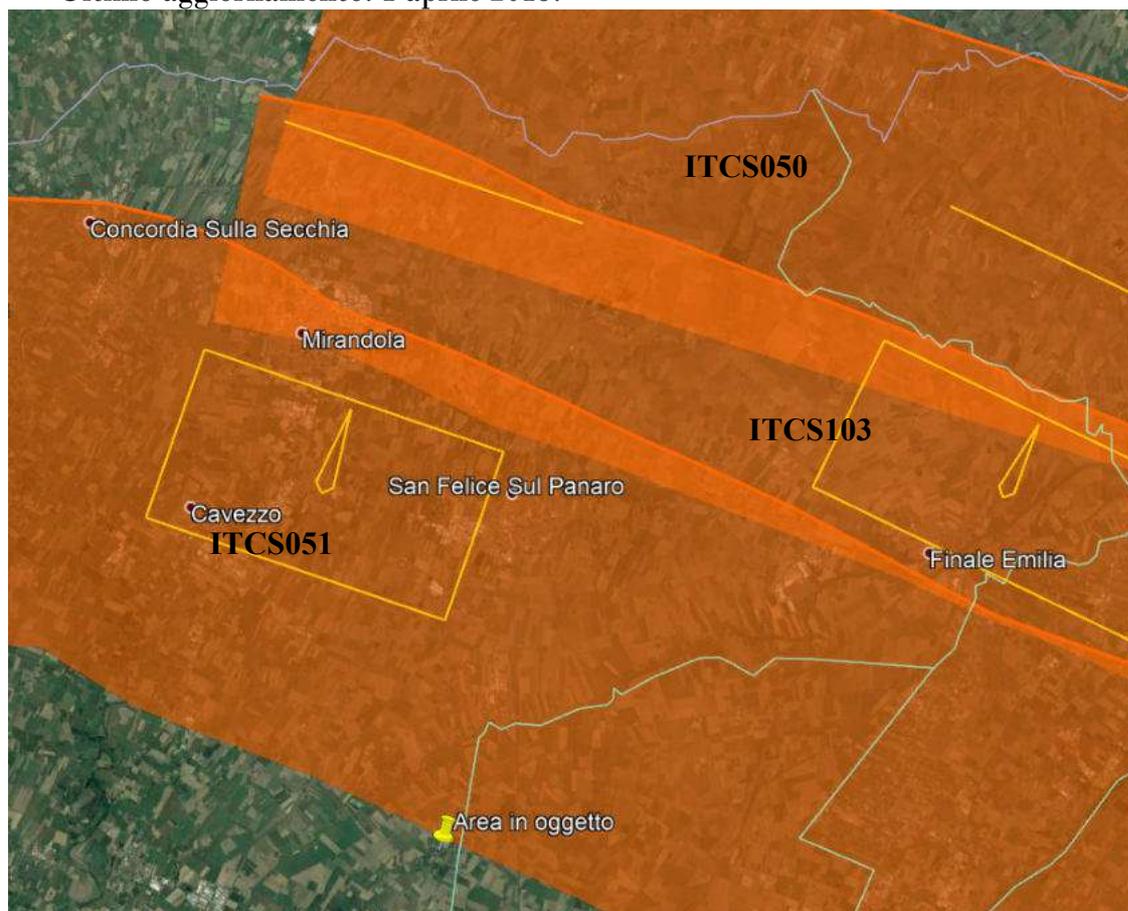


Limite amministrativo di Provincia



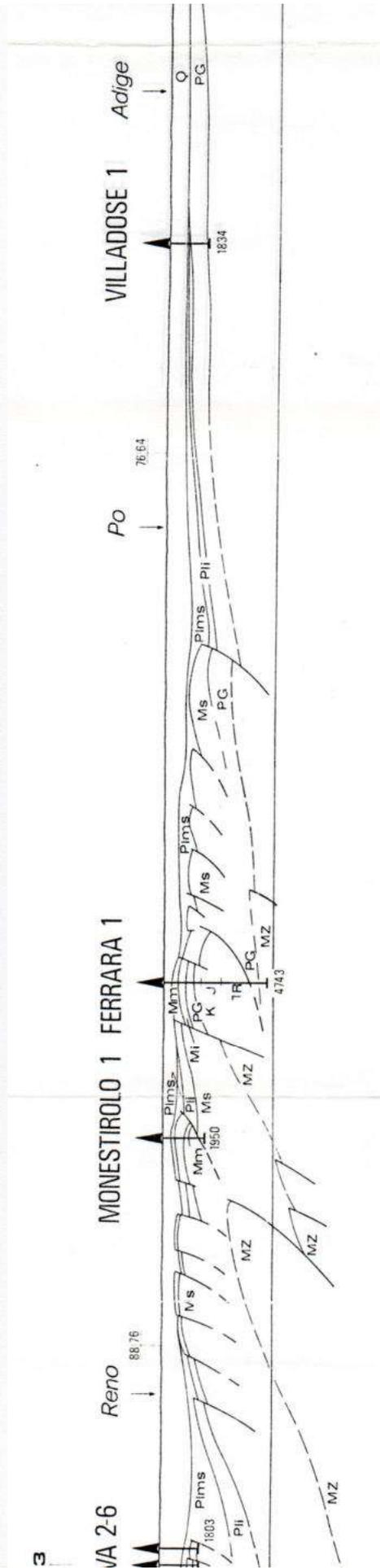
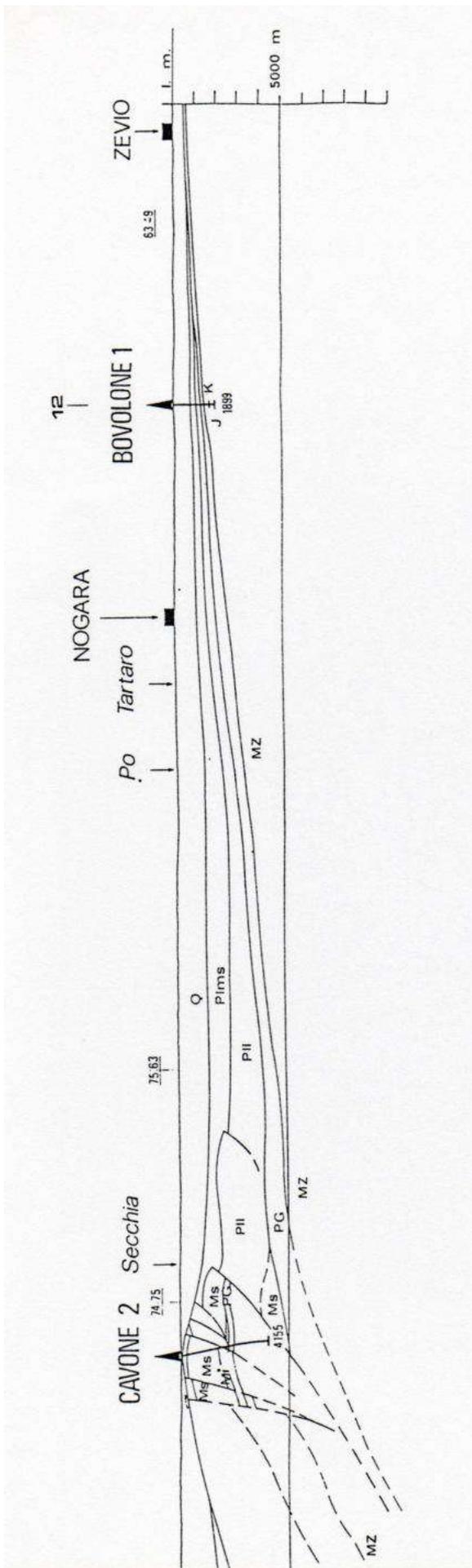
Sintema emiliano-romagnolo superiore -
Subsintema di Ravenna - unità di Modena

Studi più recenti (*Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, MM Tiberti, E. Boschi -2008- The Database of individual Seismogenic Sources, DISS, version 3: summarizing 20 yerars of research on Italy's earthquake geology*) hanno individuato nell'area emiliana a sud del Po una “potenziale sorgente sismogenetica composta”. La zona in oggetto risulta situata sul limite Sud dell'area sismogenetica ITCS051 – Carpi - Poggio Renatico. Magnitudo massima attesa pari a 6 (Mw) Profondità min. 2 Km, max. 10 Km. Ultimo aggiornamento: 1 aprile 2015.



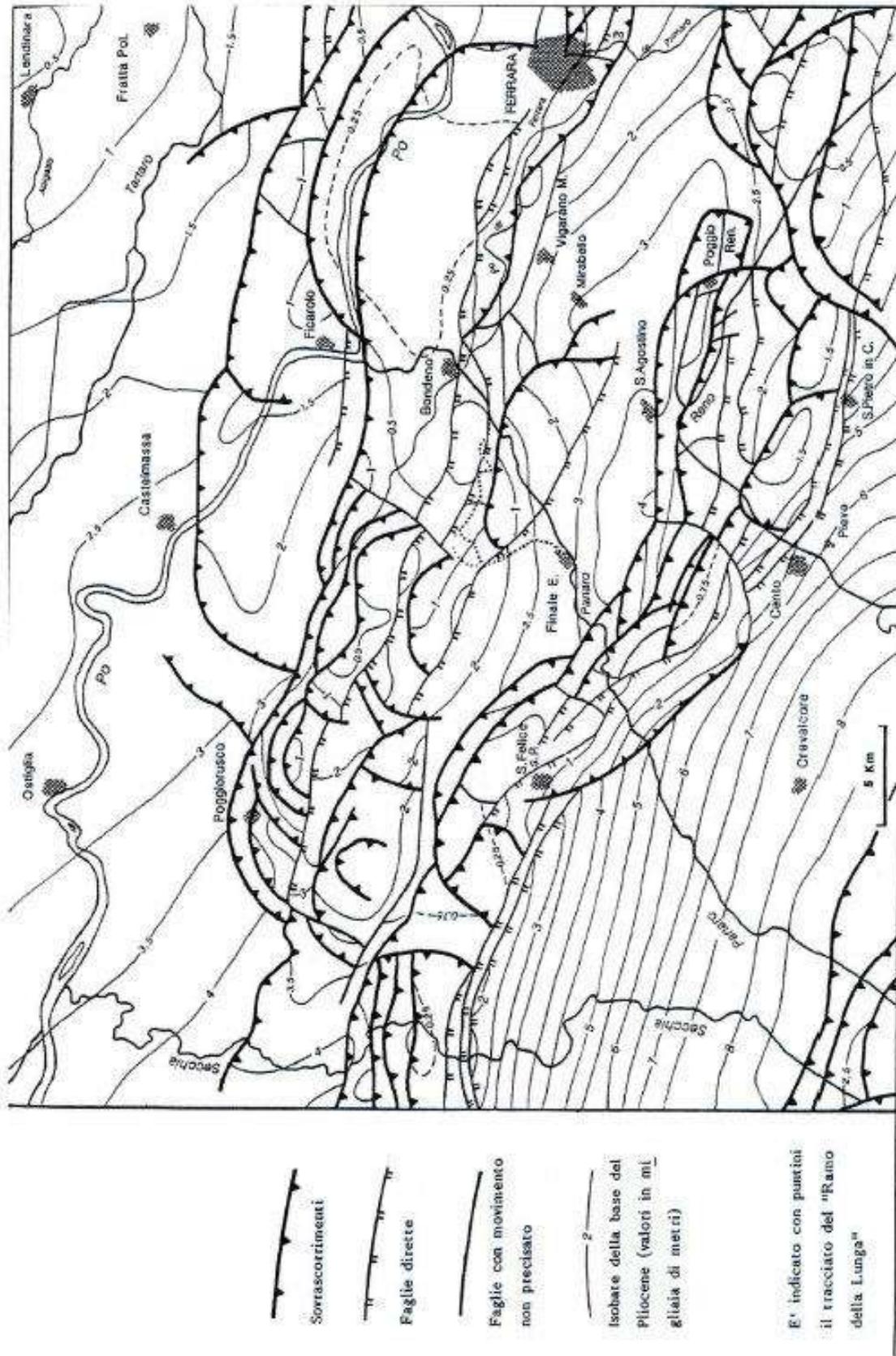
Potenziali sorgenti sismogenetiche composte: ITCS050 (Poggio Rusco – Migliarino), ITCS051(Carpi -Poggio Renatico), ITCS103(Finale Emilia – Mirabello)

Il composto sismogenetico Source risulta una interpretazione degli eventi rotture – terremoto tra la struttura dedotta dalla superficie regionale e dalle caratteristiche geologiche del sottosuolo. Questo modello non risulta essere capace di individuare un terremoto di dimensioni specifiche, ma il suo potenziale sismico può essere stimato dai cataloghi dei terremoti esistenti. I poligoni rappresentativi sono in forma libera e contengono con larghi margini la potenziale struttura attiva. *DISS Working Group (2015). Archivio di singoli sismogenetiche Sources (DISS), Versione 3.2.0.: Una compilation di potenziali fonti per i terremoti più grandi di M 5.5 in Italia e nelle zone circostanti <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Tutti i diritti riservati; DOI: 10,6092 / INGV.IT-DISS3.2.0.*

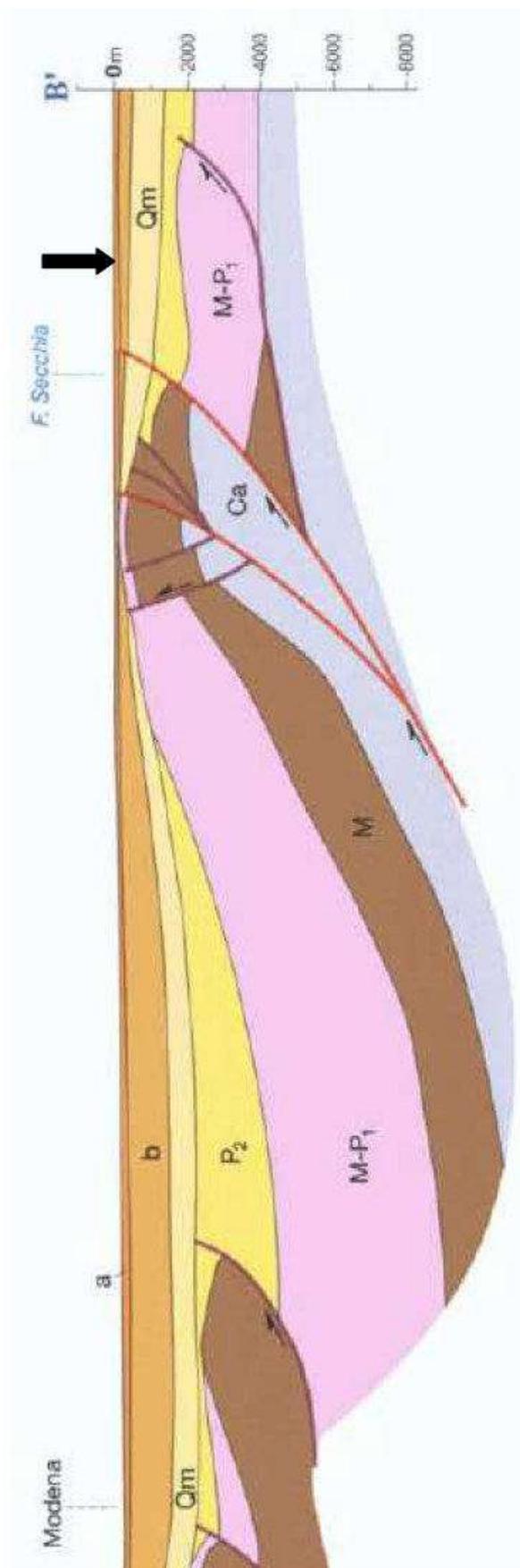


Profilo strutturale del Pre-Pliocene - Quaternario nella pianura padana veneta.

Q = quaternario; Pims = Pliocene medio superiore; Pli = Pliocene; PG = Paleogene
 Ms = Miocene superiore; Mm = Miocene medio; Mi = Miocene inferiore; MZ = Mesozoico
 (K = Cretacico; J = Giurassico)

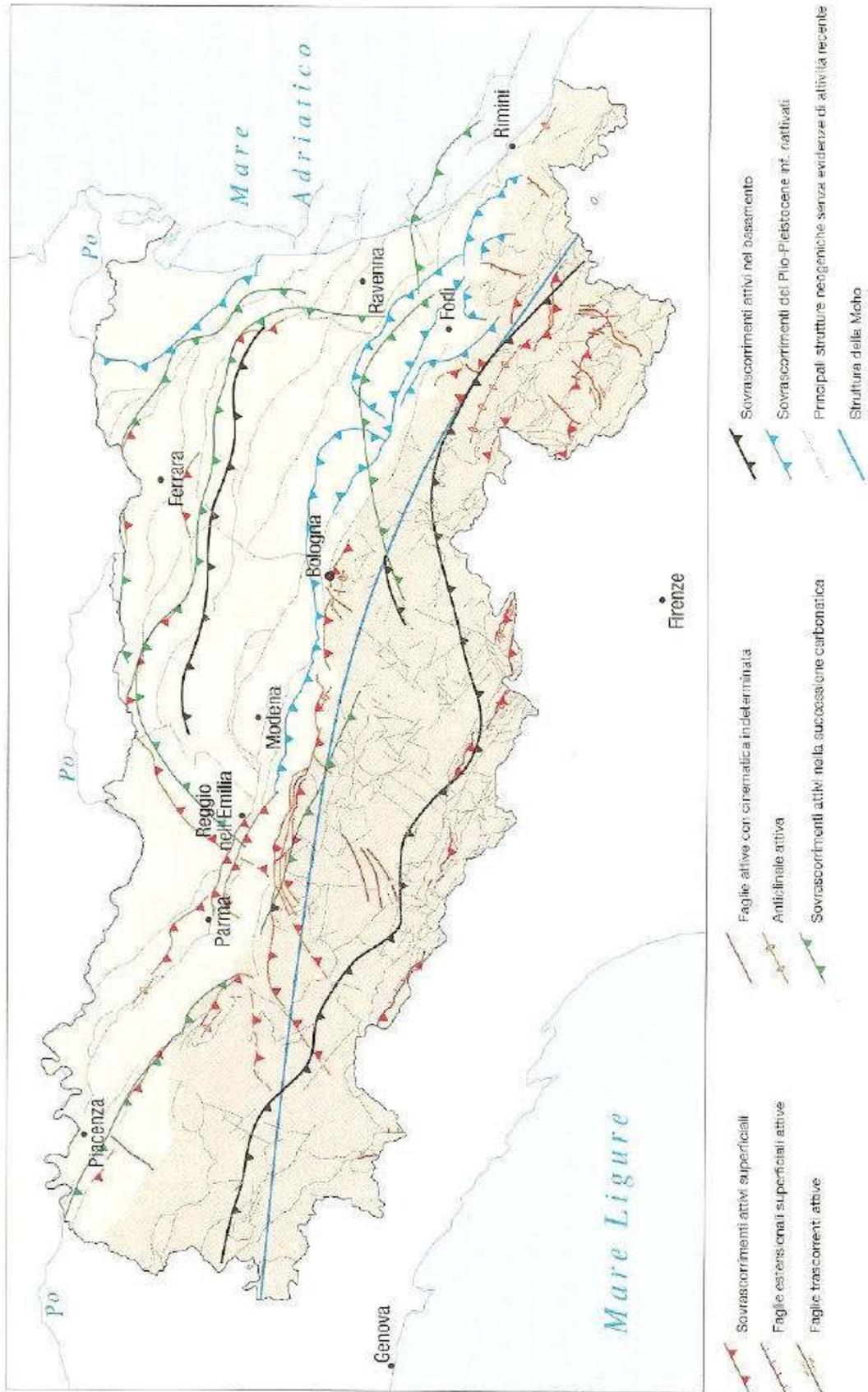


Carta strutturale della base del Pliocene (da C.N.R., 1986, Structural model of Italy)



Legenda: **a)** Pleistocene medio-Olocene (0,45 Ma-Presente); **b)** Pleistocene medio (1-0,45 Ma); **Qm)** Pleistocene inferiore (1,8- 1 Ma); **P₂)** Pliocene medio-superiore (4,1 - 1,8 Ma); **M-P₁)** Messiniano sup. Pliocene inf. (6,3 - 4,1 Ma); **M)** Miocene (24 - 5,4 Ma); **Ca)** Successione Carbonatica (227 - 24 Ma).

ESTRATTO DELLA CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA - CNR -
E DEL PROFILO GEOLOGICO PROFONDO



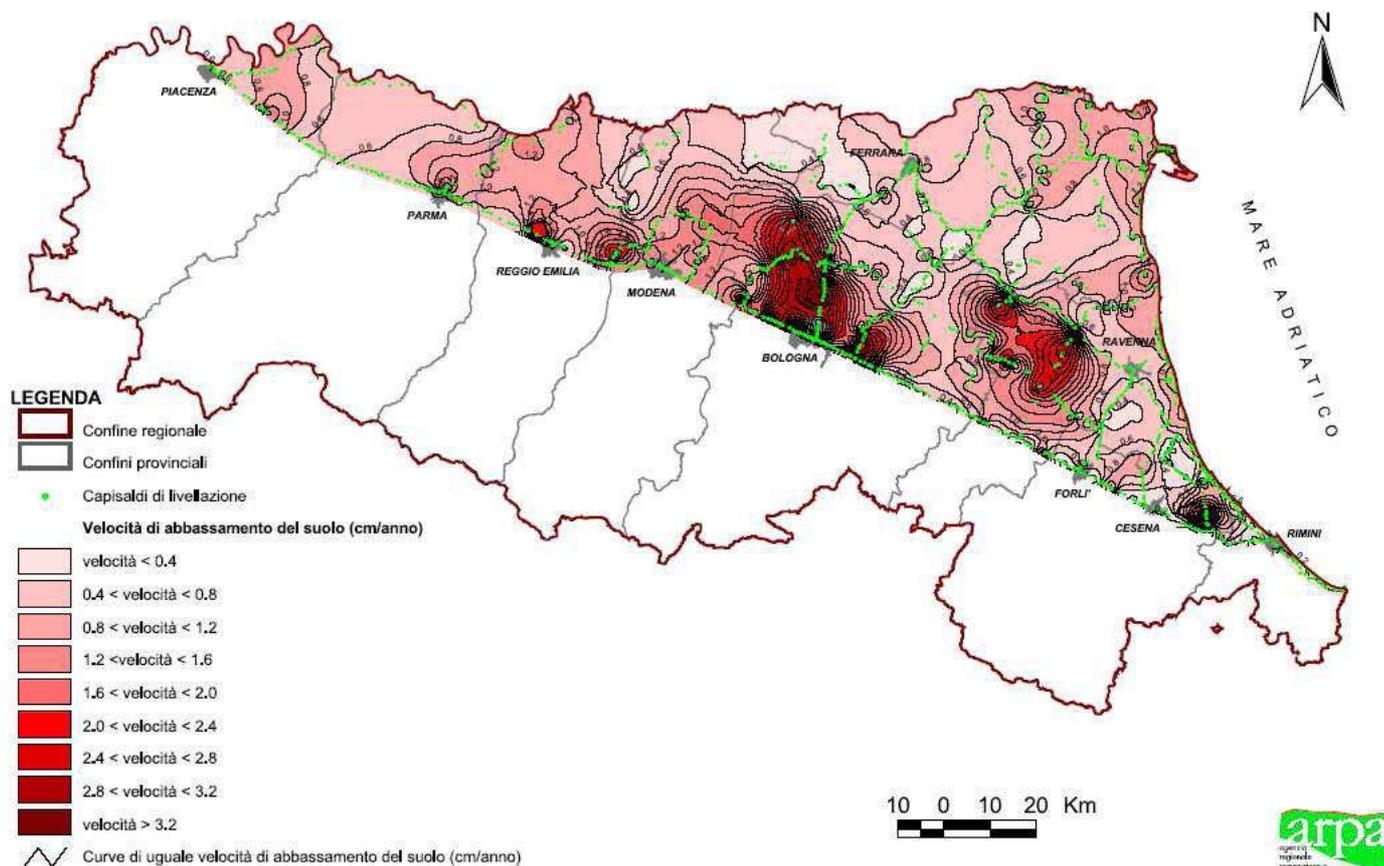
5) SUBSIDENZA

L'area di pianura della regione Emilia Romagna è soggetta ad un fenomeno di subsidenza naturale determinato sia da movimenti tettonici sia dalla costipazione dei sedimenti che hanno determinato la formazione dell'attuale Pianura Padana.

A tale fenomeno, che può raggiungere punte massime di circa 2-3 cm/anno (vedi carta degli abbassamenti) rimanendo, in genere, molto al di sotto di tali valori, si affianca in molte zone un fenomeno di subsidenza artificiale che presenta, invece, velocità di abbassamento del suolo molto più elevate. Tra le varie cause antropiche che possono essere individuate all'origine del fenomeno, sono la massa delle aree urbanizzate (specialmente le città) che grava sul suolo ed il prelievo di acqua dal sottosuolo, che attualmente appare la causa predominante, determinando punte di abbassamento di diversi cm/anno. Non deve essere comunque sottovalutata la subsidenza indotta dall'estrazione di idrocarburi da formazioni geologiche profonde, sensibile nel settore adriatico della regione, una pratica diffusa i cui effetti non sono stati ancora sufficientemente documentati.

Nella figura di seguito allegata si può confrontare il presente dato con quelli relativi al resto della Pianura emiliano-romagnola. Si può notare come nella porzione di pianura piacentina interessata dal monitoraggio siano stati rilevati valori del tasso di subsidenza bassi e comunque inferiori a quelli rilevati nelle altre provincie. Pertanto i livelli di subsidenza rilevati non costituiscano una criticità di primaria importanza per il territorio comunale.

Dalla fine degli anni '90 è stata istituita una rete regionale di controllo della subsidenza, che consta di 59 punti, 12 dei quali posti in zone ritenute stabili.



6) INQUADRAMENTO IDROLOGICO, IDROGEOLOGICO E STRATIGRAFIA LOCALE - CENNI

Dall'analisi dei valori di Rp ottenuti con la verticale effettuata, nonché da penetrometrie eseguite nelle vicinanze dallo scrivente ed analizzando il rapporto Schmertmann 1978, si può ipotizzare la seguente successione stratigrafica:

- a) dall'attuale piano campagna e per uno spessore di ca. m. -0,50 si ha terreno di riporto misto a vegetale variamente addensato;
- b) da m. -0,60 a ca. m. -9,80 si ha una litologia composta da limi argillosi plastici e poco compatti, i cui valori di Rp sono compresi tra 3-10 Kg/cm²;
- c) da ca. m. 9,80 a ca. m. -17,80 si hanno limi sabbioso fini poco addensati, con valori di Rp compresi tra 10-25 Kg/cm²;
- d) da ca. m. -17,80 e fino alla profondità indagata di m. - 30,60 si hanno sabbie da medio fini a medio grosse da mediamente addensate a compatte, con valori di Rp compresi tra 22 e 125 Kg/cm².

Dalla stratigrafia di un pozzo infisso nelle immediate vicinanze, viene evidenziata la presenza di sabbia fino a m. -35,50, segue argilla con piccoli strati misti a sabbietta molto fine con letto a m. -75,30, infine si rinviene sabbia fino alla profondità di m. -84,50. Stratigrafia alla pag. seguente.

Al termine della prova è stato misurato il livello della falda freatica pari a cm. -195 rispetto all'attuale p. cantiere. Comunque il livello della falda superficiale risulta soggetto sia alle variazioni meteoriche e sia al locale litotipo riscontrato.

Nella verticale eseguita gli strati di terreno indagato a carattere limoso argilloso hanno presentato attrito laterale scarso, mentre i livelli a matrice sabbiosa hanno dimostrato un buon attrito laterale.

Risulta ipotizzabile una oscillazione di falda dell'ordine di 1,0-1,5 metri. Gradiente idraulico pari a ca. 0,02%.

Si evidenzia che il sito in esame non risulta compreso all'interno delle aree in cui sono stati osservati gravi effetti di liquefazione e perimetrato dalla Regione Emilia Romagna con Determinazione del Dirigente n. 12418 del 02 ottobre 2012.

202060 P601

Regione Emilia-Romagna

→ Scheda da ritornare al Genio Civile

Pratica N° 3.052 39

COMPENSORIO
COMUNE-Istat

-Ditta GUALTIERI GIOVANNI
residente Stuffione di Ravarino (MN) Via CARDUCCI N.11
-Pozzo ad uso Irriguo in Comune di RAVARINO
Frazione Stuffione Località Via Dante Mapp.N° 97 /Fg. 15
-Data di ultimazione della perforazione: 25/6/74
-Ditta perforatrice: Campana Fratelli Loc.Bolognina-Crevalcore

CF = 947611928202A9593

CARATTERISTICHE DEL POZZO
*avanpozzo (si o no) NO
*diametro interno tubi mm. 150
*profondità mt. 85.20
Ø mm 80

EQUIPAGGIAMENTO
*tipo della pompa elettropompa sommersa
*potenza 6 kW
*prevalenza mt. _____
*portata lt/sec. 8

-Livello statico mt. _____
-Portata pozzo: lt/sec. _____
-Superficie irrigata:
ha. _____ are _____ ca. _____
-Consumo giornaliero (24 ore):
metri cubi _____

STRATIGRAFIA DEL TERRENO		Falde captate
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati		
-da mt. <u>0,00</u> a mt. <u>33,00</u>	<u>argilla con strati misti</u>	
-da mt. <u>33,00</u> a mt. <u>35,50</u>	<u>sabbia con acqua</u>	2,50
-da mt. <u>35,50</u> a mt. <u>75,30</u>	<u>argilla con piccoli strati misti a sabbietta molto fine</u>	
-da mt. <u>75,30</u> a mt. <u>84,50</u>	<u>sabbia con acqua</u>	9,20
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		

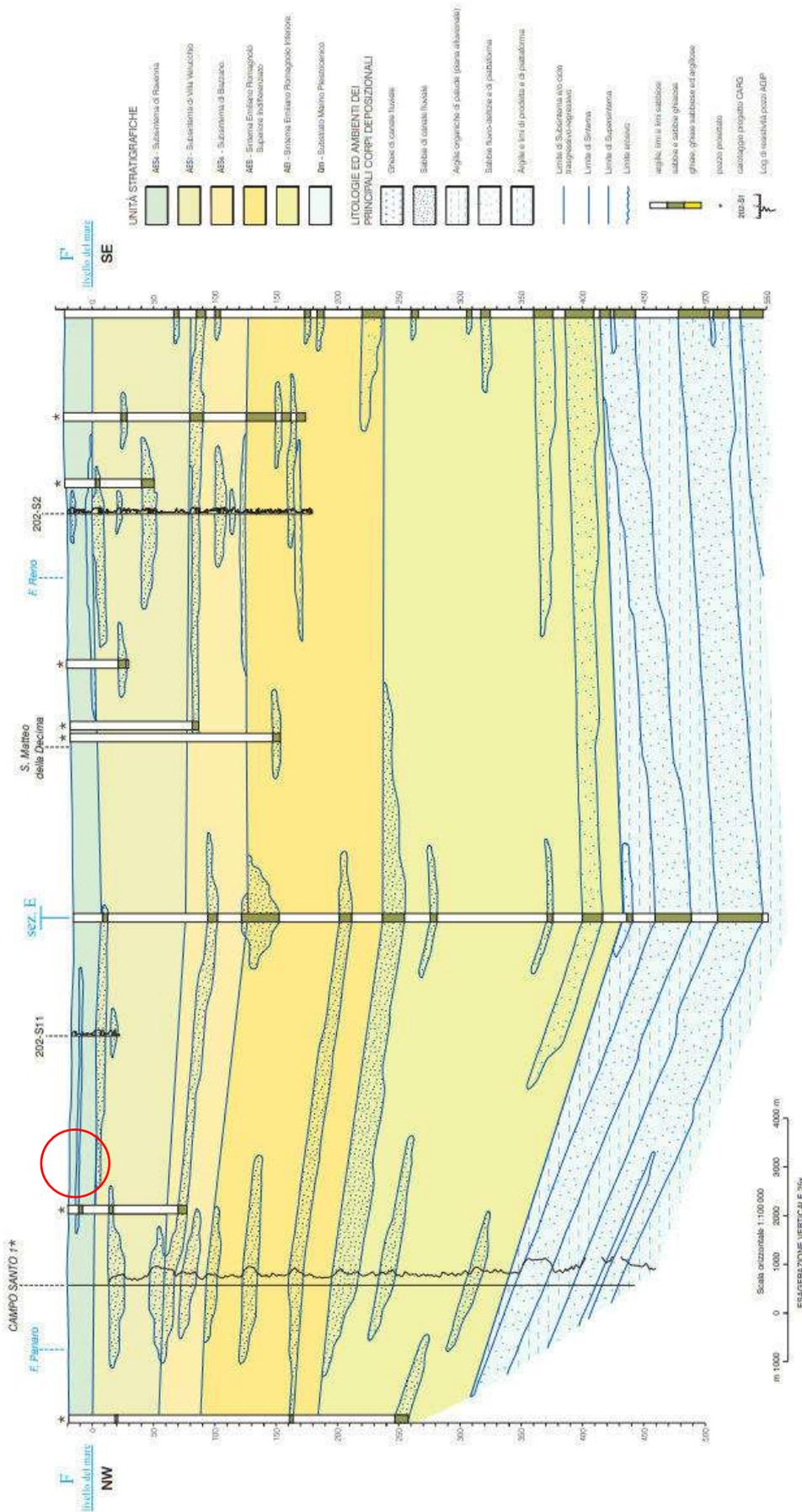
Localizzazione del pozzo			
Long.	<u>335</u>	Lat.	<u>86</u> Ha. <u>10</u>
Quota piano campagna: m.s.l.m.			<u>?</u>

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 29/4/74
Firma Gualtieri Giovanni

ANNOTAZIONI: _____

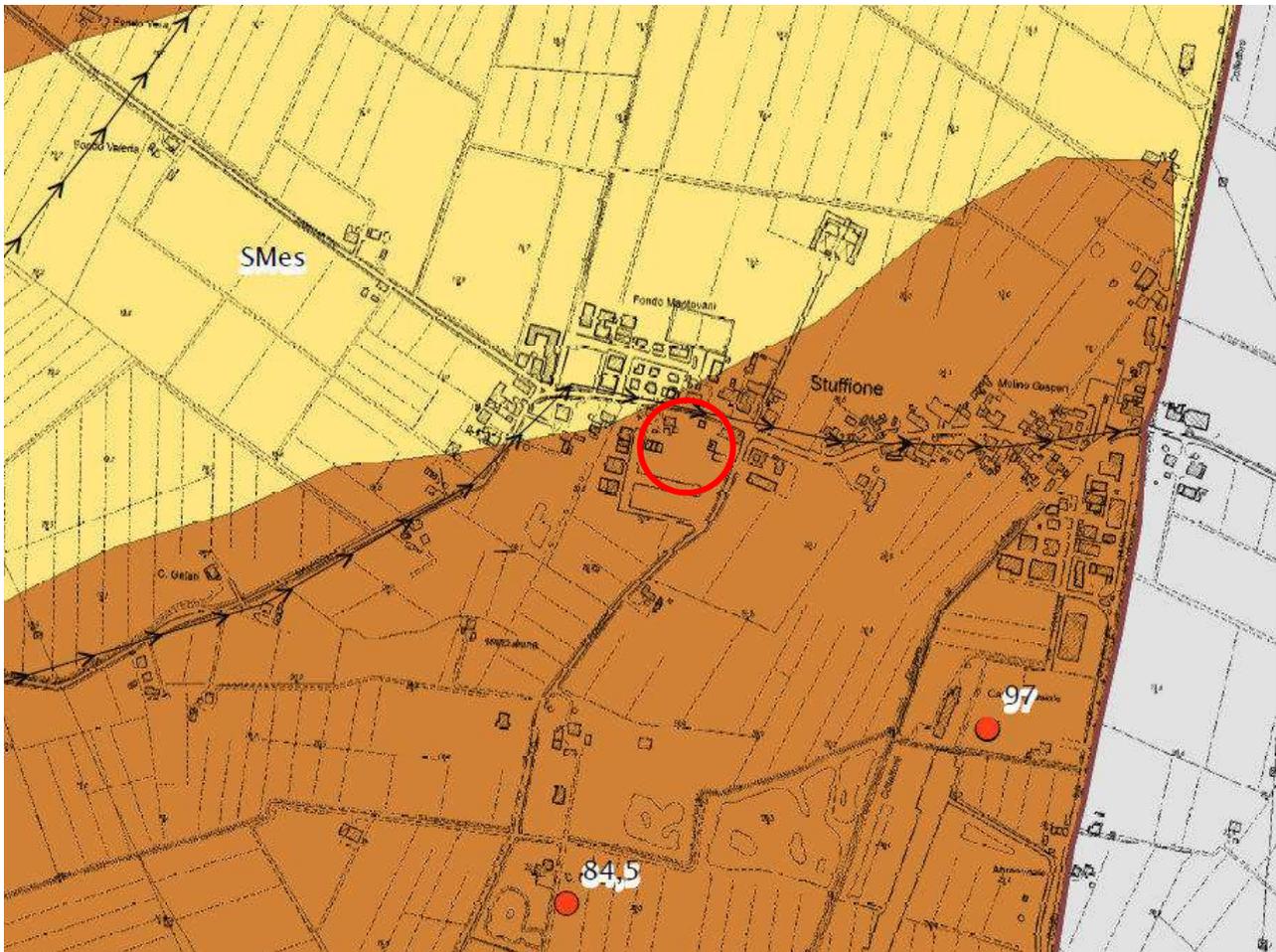
N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.



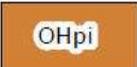
Stralcio Sez. 65 R.E.R. - Area oggetto dell'intervento

Attuazione dell' articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n . 77

Estratto “CARTA GEOLOGICO TECNICA - Scala 1: 10.000 –
Comune di Ravarino – Settembre 2018



 Area oggetto dell'intervento

-  SMes Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di argine/barre/canali
-  OLpi Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità di piana inondabile
-  OHpi Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici di piana inondabile

 Asse di paleovalveo

7) RISULTATI DELLE INDAGINI EFFETTUATE - ELABORAZIONE DATI PENETROMETRICI

Il tentativo del calcolo delle portanze fondazione / terreno, vista la classificazione del comune di *Ravarino* in Zona Sismica 3, è stata effettuata come indicato dal D.M. 17 gennaio 2018, e precisamente tramite Approccio 2 con metodo di calcolo proposto da Terzaghi, sia per quanto riguarda le Tensioni Ammissibili, sia per quanto riguarda S.L.U. (stato limite ultimo). Combinazione delle azioni: sismica. Tabelle di calcolo alle pagine seguenti.

La formula di Terzaghi ha la seguente forma:

$$Q_{lim} = c \times N_c \times s_c + y_1 \times D \times N_q + 0.5 \times y_2 \times B \times N_y \times s_y;$$

in cui:

N_c , N_q , N_y = fattori adimensionali di portanza legati rispettivamente al contributo di terreni con coesione, al terreno posto sopra al piano di posa della fondazione e agli strati di coesione nulla;

Terzaghi per questi fattori propone le seguenti relazioni:

$$N_q = a^2 / [2 \times \cos^2(45 + \varphi/2)]$$

$$\text{Dove: } a = \exp[(0.75 \times P_i - \varphi/2) \times \text{tg}(\varphi)];$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \text{cotg}(\varphi)$$

$$N_y = [\text{tg}(\varphi)/2] \times [(K_p/\cos^2(\varphi) - 1)]$$

dove:

K_p = fattore di portanza proposto da Terzaghi, approssimabile con la seguente relazione:

$$K_p = A_0 + A_1 \times \varphi + A_2 \times \varphi^2 + A_3 \times \varphi^3 + A_4 \times \varphi^4;$$

in cui:

A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 = fattori del polinomio interpolatore.

(si tenga presente però che lo stesso Terzaghi consiglia di utilizzare il valore di N_y ricavato da Meyerhof);

c = coesione del terreno;
 y_1 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa;
 y_2 = peso di volume sotto il piano di posa;
 B = larghezza della fondazione (dimensione del lato corto);
 D = profondità di posa della fondazione;
 s_c, s_y = fattori di forma dati da:

$s_c = 1.0$ per fondazioni nastriformi;
 $s_c = 1.3$ per fondazioni quadrate;
 $s_y = 1.0$ per fondazioni nastriformi;
 $s_y = 0.8$ per fondazioni quadrate.

La formula di Terzaghi fornisce generalmente valori di portanza sovrastimati tranne nel caso di terreni coesivi sovraconsolidati; deve essere utilizzata solo per fondazioni molto superficiali, dove cioè sia verificata la disuguaglianza:

$$D < B.$$

Correzione di Terzaghi della portanza limite.

Tutte le equazioni per il calcolo della capacità portante presentate in precedenza si basano sul presupposto che il terreno di fondazione abbia un comportamento descrivibile dalla legge di Coulomb:

$$T = c + P_{ef} \times \operatorname{tg}(\varphi);$$

in cui:

T = resistenza al taglio del terreno;
 P_{ef} = pressione efficace del terreno.

I dati sperimentali confermano che il campo della sua validità è limitato all'intervallo di $Q_{ammissibile}$ che va da 0 a 4.5 kg/cm² circa. Oltre i 4.5 kg/cm² la relazione sforzi - resistenza al taglio non è più di tipo lineare, ma assume una forma più complessa. L'uso delle formule per il calcolo della portanza fuori dal campo di validità dell'equazione conduce a valori della Q_{lim} sovrastimati.

Terzaghi (1943) ha proposto una correzione da applicare ai parametri coesione e angolo d'attrito del terreno, nei casi in cui risulti dal calcolo una $Q_{amm} < 4.5$ kg/cm². In pratica ha suggerito di utilizzare nel calcolo valori ridotti di Φ e c , calcolati come segue:

$$c' = (2/3) \times c;$$
$$\Phi' = \operatorname{arctang} [(2/3) \times \varphi].$$

Lo stesso tipo di correzione viene proposta da Terzaghi per terreni dove è prevedibile una rottura del terreno di tipo locale. Nella pratica per distinguere fra terreni con rottura di tipo locale e generale si può utilizzare il seguente criterio:

- a) rottura di tipo locale: probabile nei terreni che abbiano una densità relativa (Dr %) inferiore a 20 e/o una coesione (c) minore di 0.25 kg/cm^2 ; in questo caso si consiglia di procedere al calcolo della Q_{lim} adottando i valori ridotti di c e Φ :

$$c' = (2/3) \times c;$$
$$\Phi' = \arctang[(2/3) \times \phi];$$

- b) rottura di tipo generale: probabile nei terreni che abbiano una Dr % ≥ 70 e/o una coesione maggiore
- c) rottura di tipo intermedio: probabile nei terreni con Dr % ≥ 20 e < 70 e/o con una $c \geq 0.25 \text{ kg/cm}^2$ e $c < 1 \text{ kg/cm}^2$: in questo caso si procede a interpolazione fra i valori ridotti c' e ϕ' e quelli reali c e ϕ .

Viste le diverse esigenze progettuali e litologiche riscontrate si effettua la determinazione del contatto fondazione/terreno per le due diverse CPT effettuate.

$$Q_{lim} = c \times N_c \times s_c + y_1 \times D \times N_q + 0.5 \times y_2 \times B \times N_y \times s_y;$$

Dove:

$$c = 0,40 \text{ Kg/cm}^2;$$

correzione Terzaghi = applicata

coefficiente di sicurezza per la coesione = 1,0 (Approccio 2);

$$N_c = 5,71$$

$s_c = 1,0$ (fondazione nastriforme);

$$y_1 = 2000 \text{ Kg/m}^3 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3 = 0,0020 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm};$$

$$N_q = 1;$$

$$y_2 = 2000 \text{ Kg/m}^3 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3 = 0,0020 \text{ Kg/cm}^3$$

$$B = 0,8 \text{ m} = 80 \text{ cm};$$

$$N_y = 0;$$

$s_y = 1,0$ (fondazione nastriforme);

$$Z_y = 1,0;$$

coefficiente di sicurezza globale = 2,3 (App. 2)

$$Q_{lim} = [(0,40/1,0) \times 2/3 \times 5,71 \times 1,0 + 0,0020 \times 60 \times 1 + 0,5 \times 0,0020 \times 80 \times 0 \times 1,0] / 2,3 =$$

$$Q_{lim} = [1,5227 + 0,120 + 0] / 2,3 = 1,6427 / 2,3 = 0,714 \text{ Kg/cm}^2 \approx 0,72 \text{ Kg/cm}^2$$

7.a) Calcolo cedimenti

Attraverso l'esame delle prove penetrometriche è stato, inoltre possibile valutare i cedimenti nei punti indagati. Per tale calcolo si è proceduto applicando la teoria del Boussinesq ed ipotizzando la fondazione superficiale, posata ad una profondità di ca. m. -0,60 sempre rispetto all'attuale piano cantiere, ovvero fino a riscontrare il terreno naturale sottostante al riporto, si è quindi proceduto come segue:

- a) si è calcolata la propagazione del carico in profondità, secondo la teoria sopraccitata;
- b) si sono distinti gli strati interessati in intervalli omogenei sia litologicamente che meccanicamente: per ognuno di essi è stato valutato il valore medio di R_p ed in seguito calcolato il coefficiente di compressibilità volumetrica M_v ;
- c) infine si è calcolato il cedimento teorico per ciascuno degli intervalli considerati per mezzo della relazione di Terzaghi-Buisman:

$$\Delta H = H_o \times \Delta q \times M_v$$

dove: ΔH = cedimento;
 H_o = intervalli omogenei considerati;
 Δq = incremento di portanza alle diverse profondità;
 M_v = coefficiente di compressibilità volumetrica.

I cedimenti calcolati sono risultati pari a cm. 2,649 in CPT1.

Cedimento verificato SLE secondo teoria della elasticità pari a cm. 3,39 ed ipotizzando una fondazione rigida.

7.b) FONDAZIONI SUPERFICIALI

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12-46028 Seride e Felonica (MN) -m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRIC S.R.L.

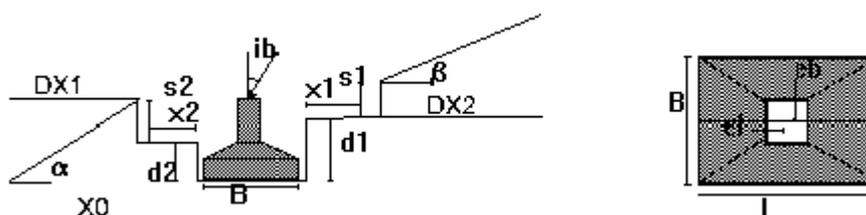
Località: Via G. Deledda - Stufione di Ravarino (MO)

Data: marzo 2021

Riferimenti: area incolta

Geometria della fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza o diametro base B (m):	1,5
Lunghezza della base L (m):	10
Profondità di posa lato destro d1(m):	0,6
Profondità di posa lato sinistro d2(m):	0,6
Profondità scavo destro s1(m):	0
Profondità scavo sinistro s2(m):	0
Inclinazione pendio a valle a(°):	0
Inclinazione pendio a monte b(°):	0
Distanza bordo scavo destro x1(m):	0
Distanza bordo scavo sinistro x2(m):	0
Inclinazione base lato B(°):	0
Inclinazione base lato L(°):	0
Inclinazione carico lato B da sisma ib(°):	17,6
Inclinazione carico lato L da sisma (°):	17,6
Eccentricità carico su B in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su B in condizioni sismiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni sismiche(m):	0
Peso di volume del cls (kg/mc):	2500
Peso di volume terrapieno (kg/mc):	1800
Altezza del terrapieno Ht (m):	0
Larghezza sommità terrapieno Ls(m):	0
Tipologia fondazionale:	Nastriforme



DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12-46028 Sermide e Felonica (MN) -m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRIC S.R.L.

Località: Via G. Deledda - Stufione di Ravarino (MO)

Data: marzo 2021

Riferimenti: area incolta

Parametri geotecnici del terreno di fondazione

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Argilla mediamente consistente

Angolo di attrito (°):	0
Densità relativa (%):	0
Coesione(kg/cmq):	0,4
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	2000
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2000
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	40
Coefficiente di Poisson:	0,4
O.C.R.:	1
Indice di compressione:	
Indice di compressione secondaria:	
Indice di ricomprensione:	
Indice dei vuoti iniziale:	
Coefficiente di consolidazione verticale (cmq/s):	
Numero di colpi Spt medio:	
Resistenza alla punta media (C.P.T.)(kg/cmq):	0
R.Q.D. (%)	
Limite di liquidità (%):	
Contenuto naturale d'acqua (%):	
Fattore di portanza Nq:	1
Fattore di portanza Nc:	5,71
Fattore di portanza Ny:	0
Comportamento meccanico:	Livello coesivo
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello impermeabile

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12-46028 Sermide e Felonica (MN) -m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRIC S.R.L.

Località: Via G. Deledda - Stufione di Ravarino (MO)

Data: marzo 2021

Riferimenti: area incolta

Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo NTC2008/NTC2018 App.II Combinazione: sismica

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	1,5
Lunghezza della fondazione (m):	10
Profondità di posa lato destro (m):	0,6
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,6

Metodo di calcolo:

Fattori di forma

Sc: Sq: Sy:

Fattori di profondità

Dc: Dq: Dy:

Fattori inclinazione carico da sisma

Ic: Iq: Iy:

Fattori inclinazione pendio

Gc: Gq: Gy:

Fattori inclinazione base

Bc: Bq: By:

Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma

Zc: Zq: Zy:

RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3
Correzione di Terzaghi:	applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	0,72
Profondità del cuneo efficace (m):	0,75
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,368

Inserimento dei sovraccarichi esterni e degli effetti sismici

Sovraccarichi esterni

Effetti sismici

Sisma
 Ag orizz.le al bedrock (SLV-SLC) (g):
 Ag orizz.le al bedrock (SLD) (g):

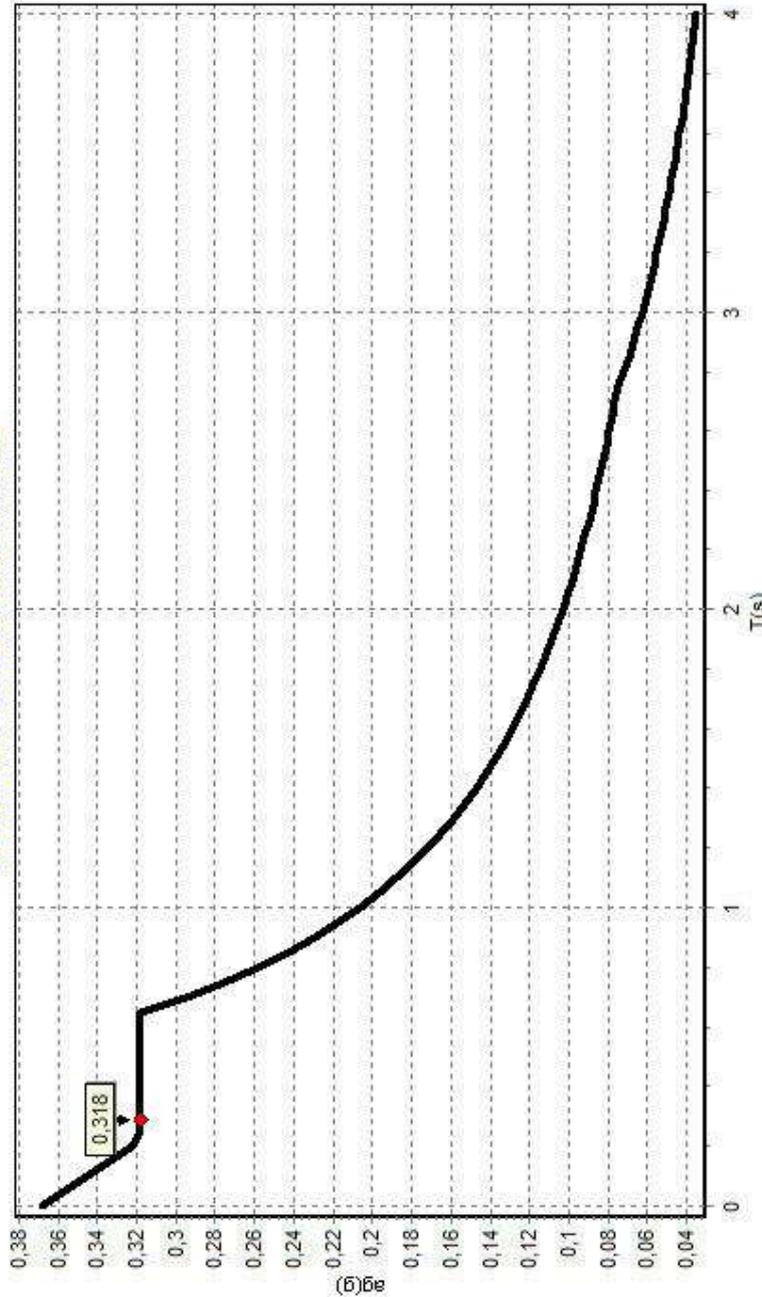
Categoria topografica:
 Categoria sottosuolo:

Fattore di amplificazione spettrale max (F0) (SLV-SLC):
 Periodo inizio velocità costante Tc*(s) (SLV-SLC):

Struttura
 Altezza della struttura dal piano di posa (H):
 Fattore di struttura (q):
 Smorzamento (%):

Tipologia:

SPETTRO DI PROGETTO componente orizzontale



Accel.sismica max terreno(g):0,368 Coef.sismico orizzontale struttura (khi)(g):0,318 Inclinazione del carico dovuta al sisma(°):17,637
 Categoria sottosuolo:D Categoria topografica:T1 Fattore di amplificazione spettrale F0:2,59 Periodo inizio velocità costante tc*(s):0,27

Aggiorna automaticamente l'inclinazione del carico Effetti cinematici sul terreno di fondazione:

Ag.sismica max orizz.le (S.L.V. o S.L.C.)(g): Coefficiente di conversione beta: Coef.sismico orizzontale terreno (khk) (g):
 Ag.sismica max orizz.le (S.L.D.)(g): Coef.sismico orizzontale struttura (khi) (g): Inclinazione del carico dovuta al sisma(°):

Usa direttamente il valore di T1 inserito: Periodo fondamentale (T1)(s):

8) CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Per la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni è stata eseguita una stima degli effetti di sito e della vulnerabilità sismica con velocimetro triassiale.

Mediante tale metodologia è stato possibile stimare in maniera quantitativa gli effetti di sito, analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici e la valutazione delle velocità V_{S30} di sito al fine di classificare il terreno di fondazione secondo le tabelle allegate al D.M. 17/01/18 ed Eurocodice 7-8 e UNI9916 o DIN4150.

8.1) Tecnica di misurazione e strumentazione

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui.

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);

- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro V_{s30} ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

8.2) Effetti di sito – Risposta Sismica Locale (RSL)

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. È infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica).

Lermo e Chavez-Garcia (1993), basandosi sul lavoro di Nakamura (1989), suggeriscono che lo spettro H/V possa essere visto, a tutti gli effetti, come rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie. Secondo questi Autori quindi le ampiezze dei picchi stratigrafici nello spettro H/V possono essere interpretate direttamente come fattori di amplificazione del moto sismico, almeno per quanto riguarda la componente stratigrafica.

Liquefazione dei terreni

Per liquefazione di un terreno s'intende il totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

con:

c = coesione del terreno;

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine;

u = pressione interstiziale dell'acqua;

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno.

È evidente che la grandezza $\langle \tau \rangle$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $< c = 0 >$ non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Nakamura (1996) propone di utilizzare il parametro K_g , ricavato con la tecnica HVSR, per quantificare la vulnerabilità sismica del sito, in riferimento soprattutto al fenomeno della liquefazione. K_g , detto indice di vulnerabilità del sito, si ottiene con la seguente relazione:

$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g}$$

dove A_g è l'ampiezza del picco più importante dello spettro H/V e F_g la corrispondente frequenza. I siti con valore di $K_g > 10$ sono da considerarsi a elevata vulnerabilità e quindi a rischio liquefazione, naturalmente partendo dal presupposto che ci siano le condizioni geologiche perché il fenomeno possa avvenire.

8.3) Profilo velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo secondo il D.M. 17.01.2018+

Il D.M. 17.01.2018 suggerisce come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, un metodo semplificato basato sulla stima del parametro V_{seq} . Per V_{seq} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati di copertura fino alla profondità H in cui giace il bedrock, caratterizzato da $V_s > 800$ m/s, calcolata secondo la relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Nel caso in cui il bedrock si trovi a una profondità superiore di m. 30, H viene posto uguale a 30 m.

Si sottolinea come la Categoria di Sottosuolo di Progetto, stimata in base alle Tabelle 3.2 II e 3.2 III del D.M. 17/01/18, deve essere definita dal Geologo in base ai dati sismostratigrafici, alle indagini geotecniche nonché ai dati progettuali.

Sulla base del valore calcolato di V_{seq} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Una valutazione del parametro $V_{S,eq}$ può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale. In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso (V_S):

$$f(Hz) = \frac{V_S}{4h}$$

dove h è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche profonde. Poiché le inversioni di velocità, cioè il passaggio andando in profondità da livelli veloci a livelli meno veloci, non dà origine a picchi nello spettro H/V, queste non possono essere rilevate direttamente. Un indizio della presenza di inversioni di velocità può essere fornito però, indirettamente, dall'andamento dello spettro H/V: ampi intervalli di frequenza in cui costantemente il rapporto H/V si mantiene minore di uno sono spesso associabili a variazioni negative delle velocità con la profondità.

Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi.

8.4) Vulnerabilità sismica dell'opera

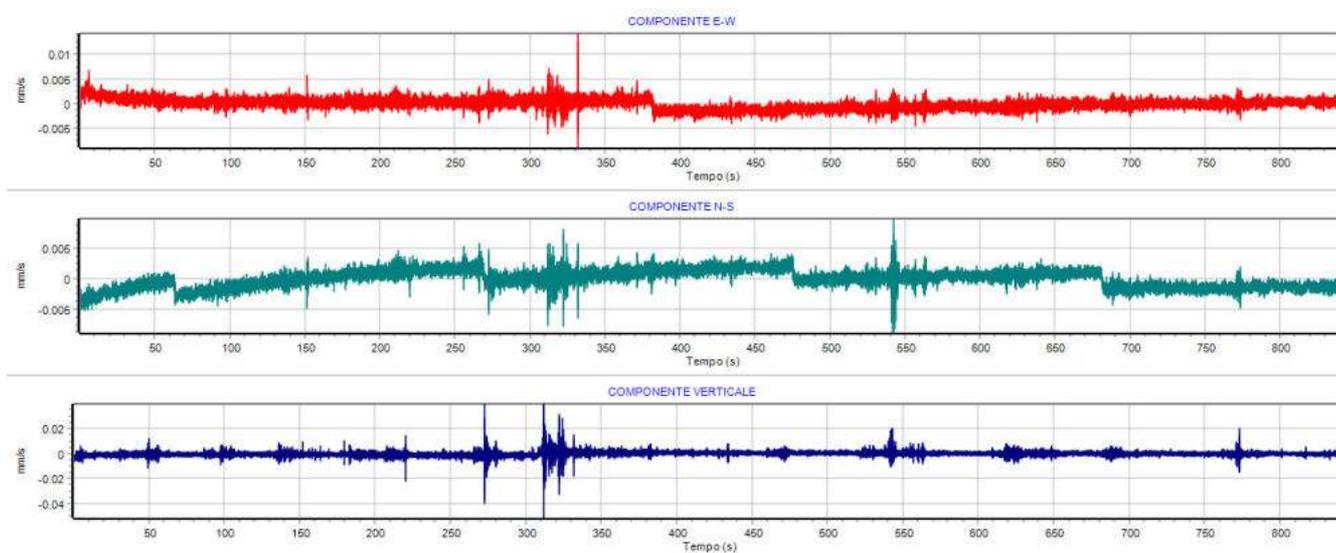
Per vulnerabilità sismica s'intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma. È stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di edificazione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende a aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura. In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il velocimetro triassiale. In questo caso è necessario misurare il rapporto H_i/H_0 , dove H_0 è lo spettro della componente orizzontale, lungo X o Y, riferita al piano terra e H_i la stessa componente misurata al piano i -esimo. Nella pratica spesso si eseguono solo due misure, ubicate lungo la stessa verticale, una al piano terra e una all'ultimo piano dell'edificio. Il picco positivo massimo dello spettro H_i/H_0 indica direttamente la frequenza di risonanza fondamentale della struttura.

- RISULTATI D'ANALISI

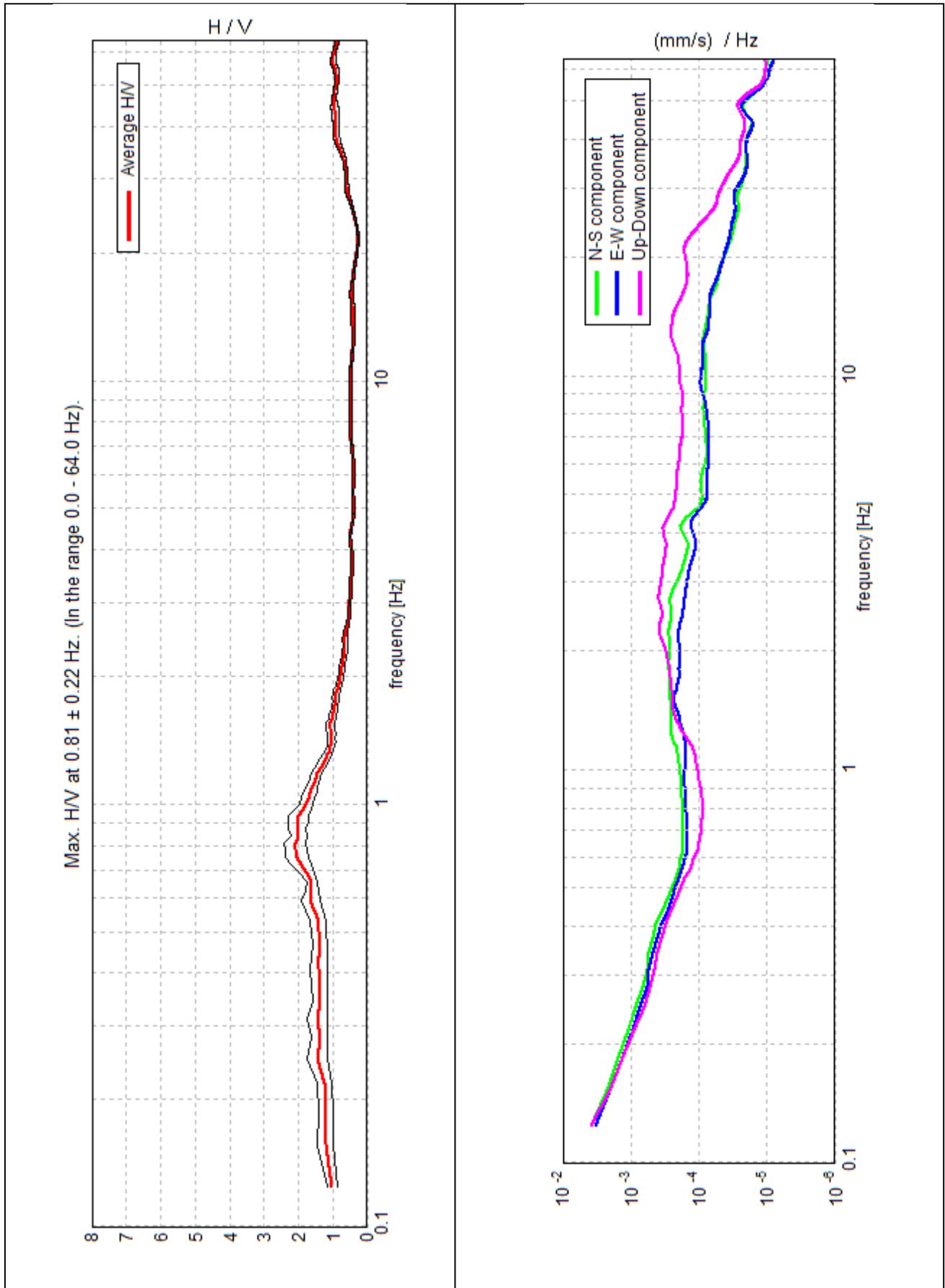
Riferimenti:

Incarico:	
Denominazione:	Tr1
Località:	Stuffione – Ravarino (MO)
Coordinate geografiche:	44.75335 N - 11.116017 E
Data:	



Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 14 minuti

Si riportano di seguito gli spettri H/V e V registrati nel sito di misura.



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 0.81 ± 0.22 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

f₀ > 10 / Lw: 0.81 > 0.50 [OK]
nc(f₀) > 200: 650.0 > 200 [OK]
sA(f) < 2 for 0.5f₀ < f < 2f₀ if f₀ > 0.5Hz
sA(f) < 3 for 0.5f₀ < f < 2f₀ if f₀ < 0.5Hz Superato 0 volte su 40 [OK]

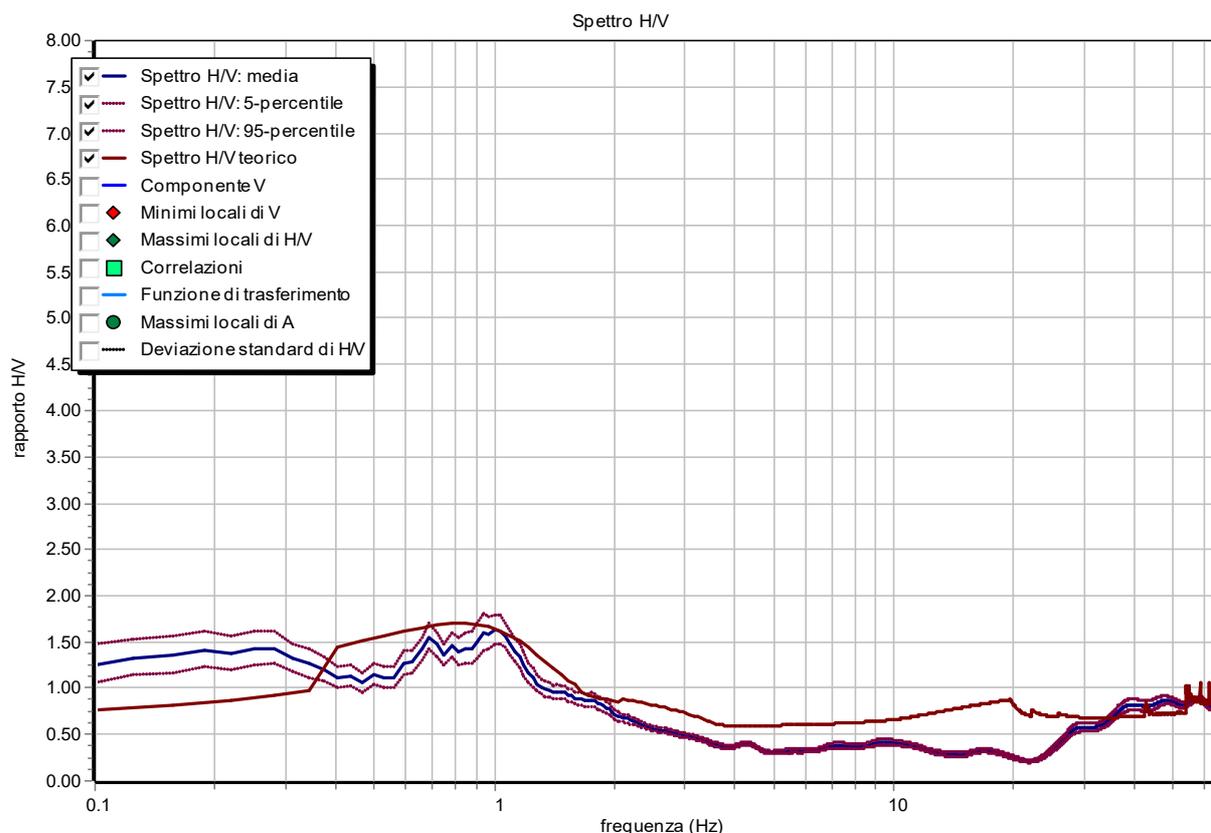
-1.0 Hz [NO]
Esiste f+ in [f₀, 4f₀] | A_H/V(f+) < A₀ / 2: 1.406 Hz [OK]
A₀ > 2: 2.10 > 2 [OK]
f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f₀ ± 5%: |0.26889| < 0.05 [NO]
sf < e(f₀): 0.21847 < 0.12188 [NO]
sA(f₀) < q(f₀): 0.3284 < 2.0 [OK]

Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

L'indice di vulnerabilità del sito (K_g) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica.

Nel caso in esame i picchi H/V stratigrafici individuati hanno fornito un valore massimo di K_g uguale a 3.52. Il sito può essere perciò classificato, secondo Nakamura (1996), come a bassa pericolosità sismica locale.

Frequenza (Hz)	Ampiezza	K_g
0.69	1.56	3.52
1.0(frequenza fondamentale)	1.63	2.65

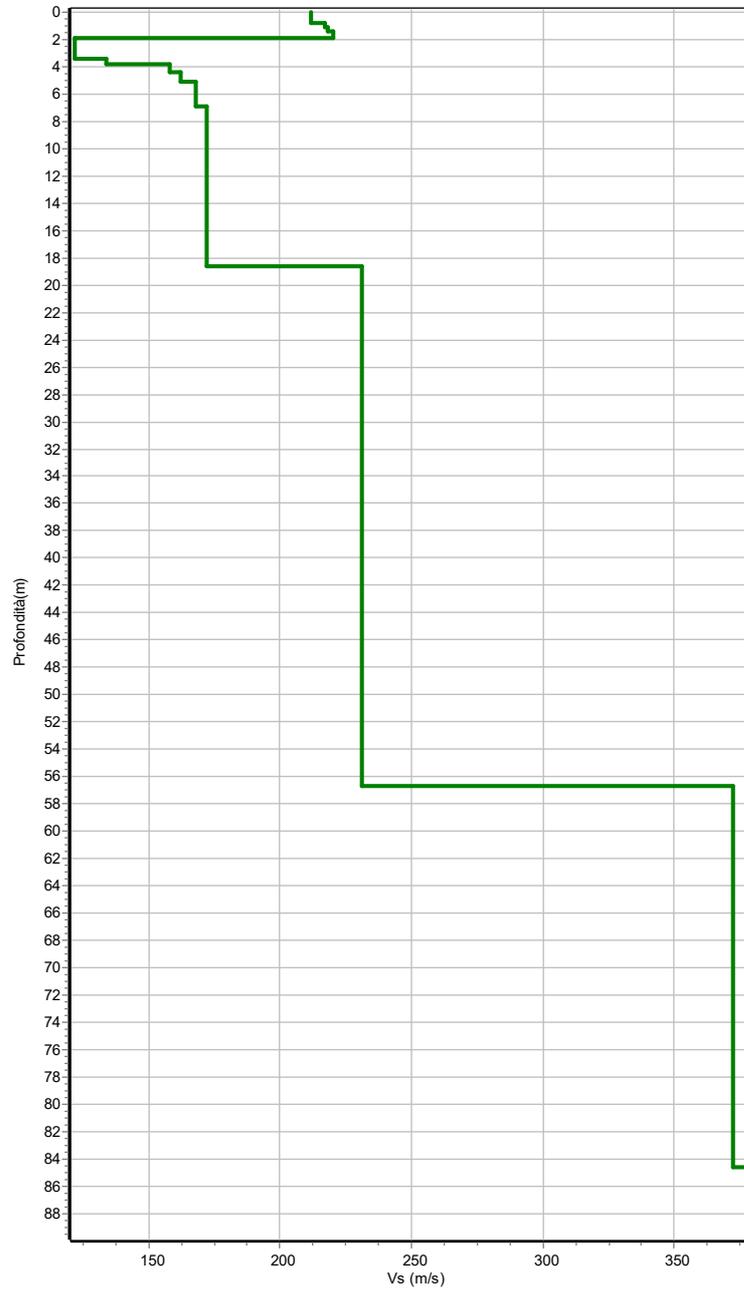


La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati.

L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità. Si è ricavato il seguente profilo di velocità:

Profondità da (m) a (m)		Δz (m)	V_s (m/s)	Inversioni di velocità
0.0	0.83	0.83	208	-
0.83	1.13	0.3	211	-
1.13	1.39	0.26	210	-
1.39	1.88	0.49	215	-
1.88	3.37	1.49	120	x
3.37	3.78	0.41	125	-
3.78	4.41	0.63	142	-
4.41	5.08	0.67	152	-
5.08	6.91	1.83	161	-
6.91	18.64	11.73	158	-
18.64	56.64	38.0	228	-
56.64	84.64	28.0	372	-
Oltre 84.64			378	-

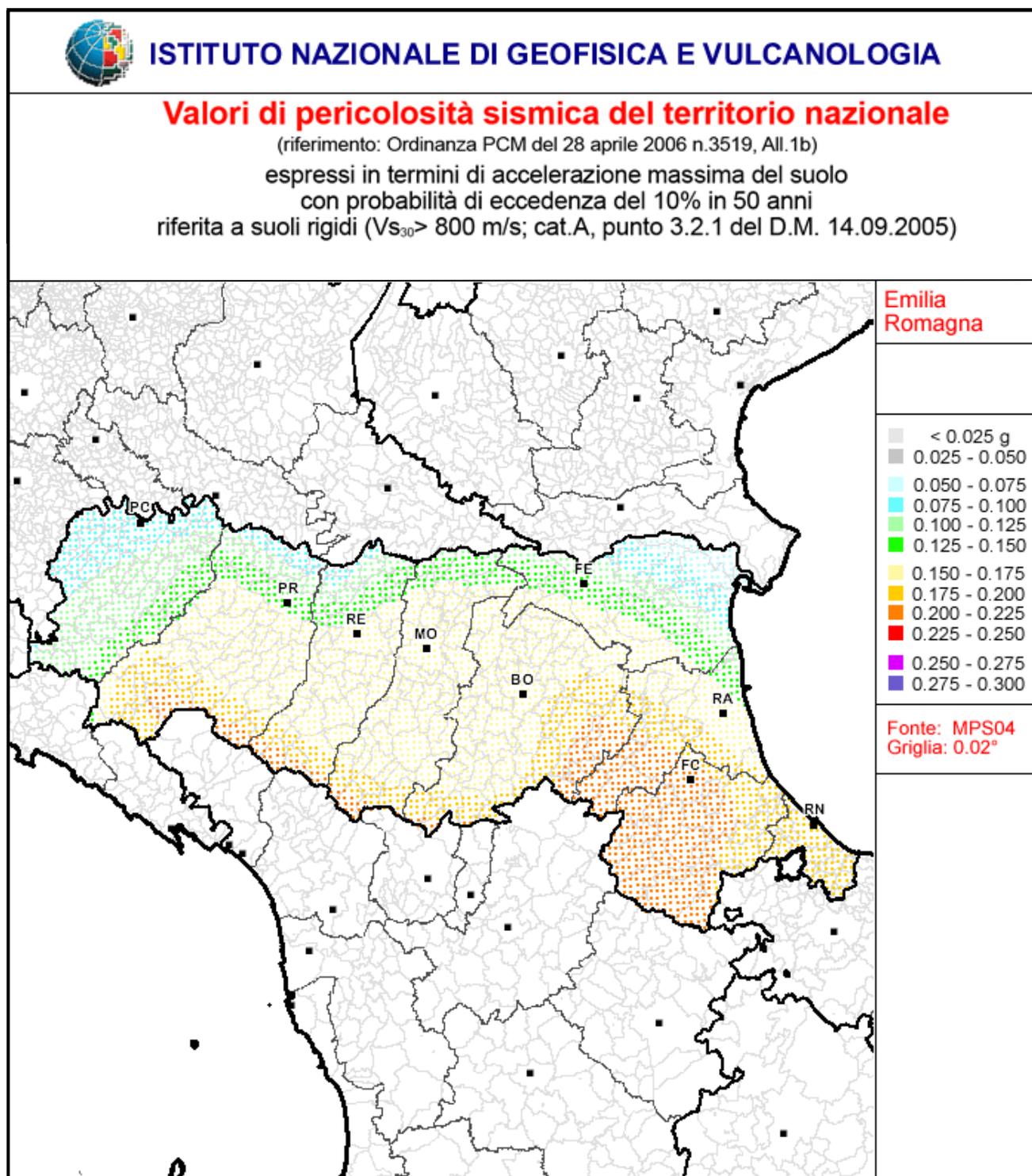
Il valore di V_{seq} , riferito al p.c. attuale, è risultato uguale a 176,6 m/s, valore che pone il sito nella categoria di sottosuolo D secondo il D.M. 17.01.2018.



✓ Vs media □ Spettro HV teorico

Classe sito C - V_{seq} (m/s) = 176,22

8.5) Parametri sismici di sito



L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica – ha

suddiviso il territorio italiano in 4 zone sismiche distinte con i numeri 1, 2, 3 e 4: il grado di rischio decresce passando dalla zona 1 alla zona 4.

Ravarino risulta identificata in Zona Sismica 3. Tale inclusione evidenzia una certa pericolosità sismica. Con questa zonizzazione si ha che a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A, espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g – si veda O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006-) risulta nel caso di probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $0,05 < a_g, \leq 0,15 g$ mentre quando l'accelerazione orizzontale risulta come massima convenzionale di ancoraggio dello spettro si rispost elastico, assume pari a **0,15 g**.

L'Ordinanza n. 3519 del 28 aprile 2006 della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elementi delle medesime – evidenzia la pericolosità sismica di riferimento per il territorio italiano.

Tale pericolosità risulta espressa in termini di accelerazione massima al suolo - a_g – con probabilità di accelerazione in 50 anni riferita a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s. (suolo di categoria A, di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14 settembre 2005). Le stime delle incertezze sono espresse mediante la distribuzione dei valori corrispondenti al 50mo percentile del valore di a_g .

Nella mappa di pericolosità al 50mo di percentile, *l'area indagata nel comune di Ravarino* risulta sempre identificata nella fascia di $0,150 g - 0,175 g$.

La scala di analisi per una micronizzazione sismica in questa specifica casistica, risulta quella di aver eseguito indagini di campagna in dettaglio effettuando un approccio di tipo quantitativo in quanto si sono individuati alcuni parametri fisici.

Negli allegati è stata usata la prova penetrometrica CPT1 infissa fino a m. - 20.80 nella quale si sono determinate le accelerazioni sismiche (g), la velocità onde S (m/s) e la stima del rischio di liquefazione.

Per la caratterizzazione del sito da un punto di vista sismico, ovvero la determinazione della velocità delle onde S del terreno, si è usata la procedura di Barrow e Stokoe (1983). Tale procedura risulta consigliata nel manuale Internazionale TC4 per la zonazione dei rischi geotecnici ed essa risulta valida per tutti i tipi di terreno. Con tale criterio la Massima Accelerazione Sismica Orizzontale del Sito risulta pari a **0,2840**. La categoria topografica risulta individuata in **T1**.

Quindi, in base alla elaborazione INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3, i parametri simici per tempi di ritorno pari a 475 anni calcolati tramite media ponderata risultano così indicati:

$$a_g (g) = 0,156 \quad F_0 = 2,591 \quad T_c = 0,272 \quad S_s = 1,792 \quad C_c = 2,398$$

Per quanto riguarda il fattore di amplificazione (**FA**), questo si rapporta tra il valore di PGA del sito ed il valore di accelerazione di ancoraggio dello spettro

di risposta elastico orizzontale per lo stato limite SLV, si hanno queste indicazioni, secondo:

- *Regione Emilia Romagna. Deliberazione dell'Assemblea Legislativa del 2 maggio 2007, n. 112 (D.g.r. 2193/2015)*

Accel. Mass. Orizzontale di picco al suolo per $T = 0$ pari a 0,157 g, accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastica, pari a 0,280 g, quindi:

$$\mathbf{F.A. = 1,78}$$

- *Spettri N.T.C. ver. 1.0.3*

Accel. Mass. Orizzontale di picco al suolo per $T = 0$ pari a 0,156 g, accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastica, pari a 0,280 g, quindi:

$$\mathbf{F.A. = 1,79}$$

- *Decreto Ministeriale 17.01.2018 con coordinate geografiche di CPT1*

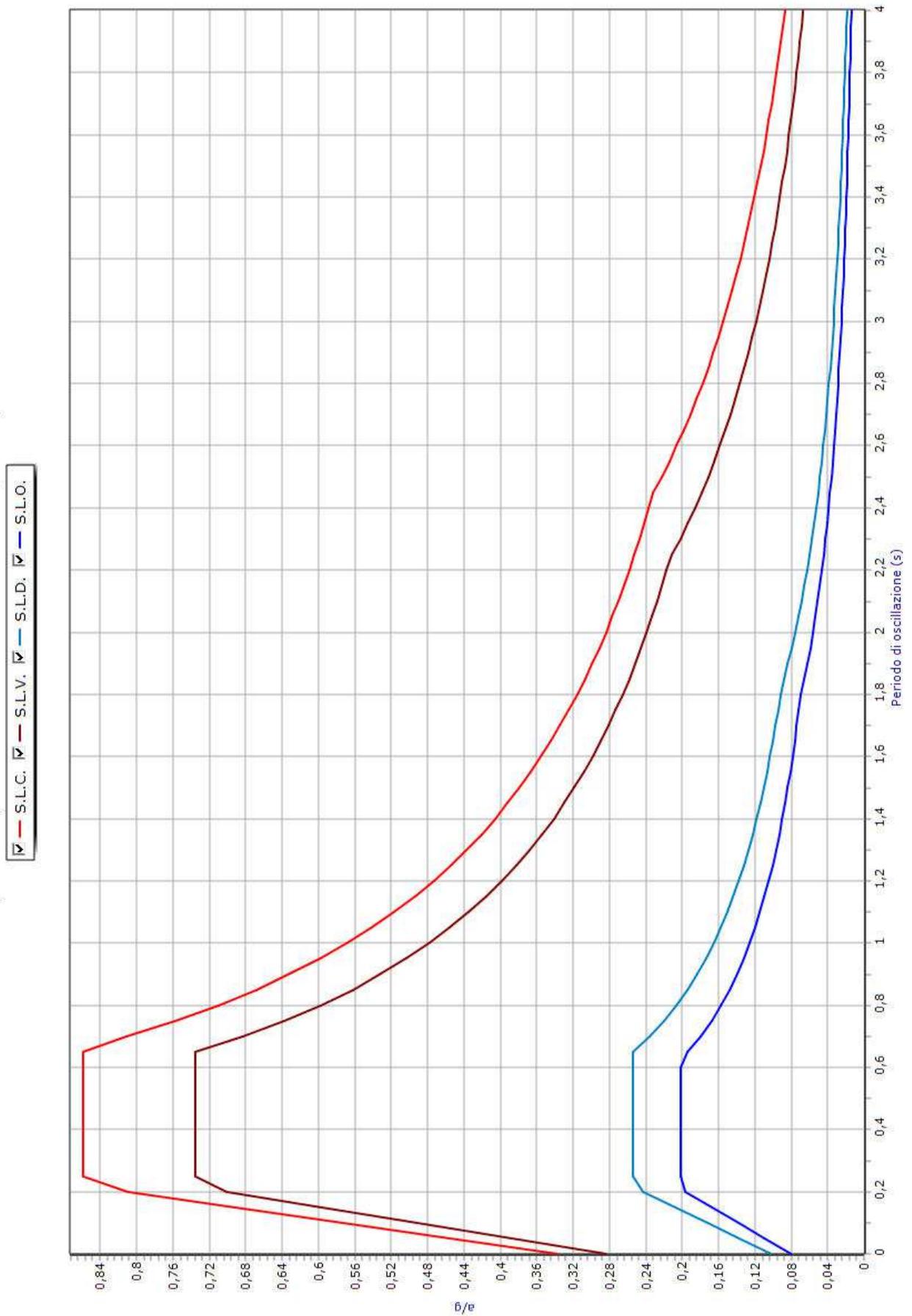
Accel. Mass. Orizzontale di picco al suolo per $T = 0$ pari a 0,1595 g, accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastica, pari a 0,2840 g, quindi:

$$\mathbf{F.A. = 1,78}$$

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_C (s)
SLO	30	0,044	2,511	0,254
SLD	50	0,056	2,483	0,269
SLV	475	0,156	2,591	0,272
SLC	975	0,209	2,533	0,279

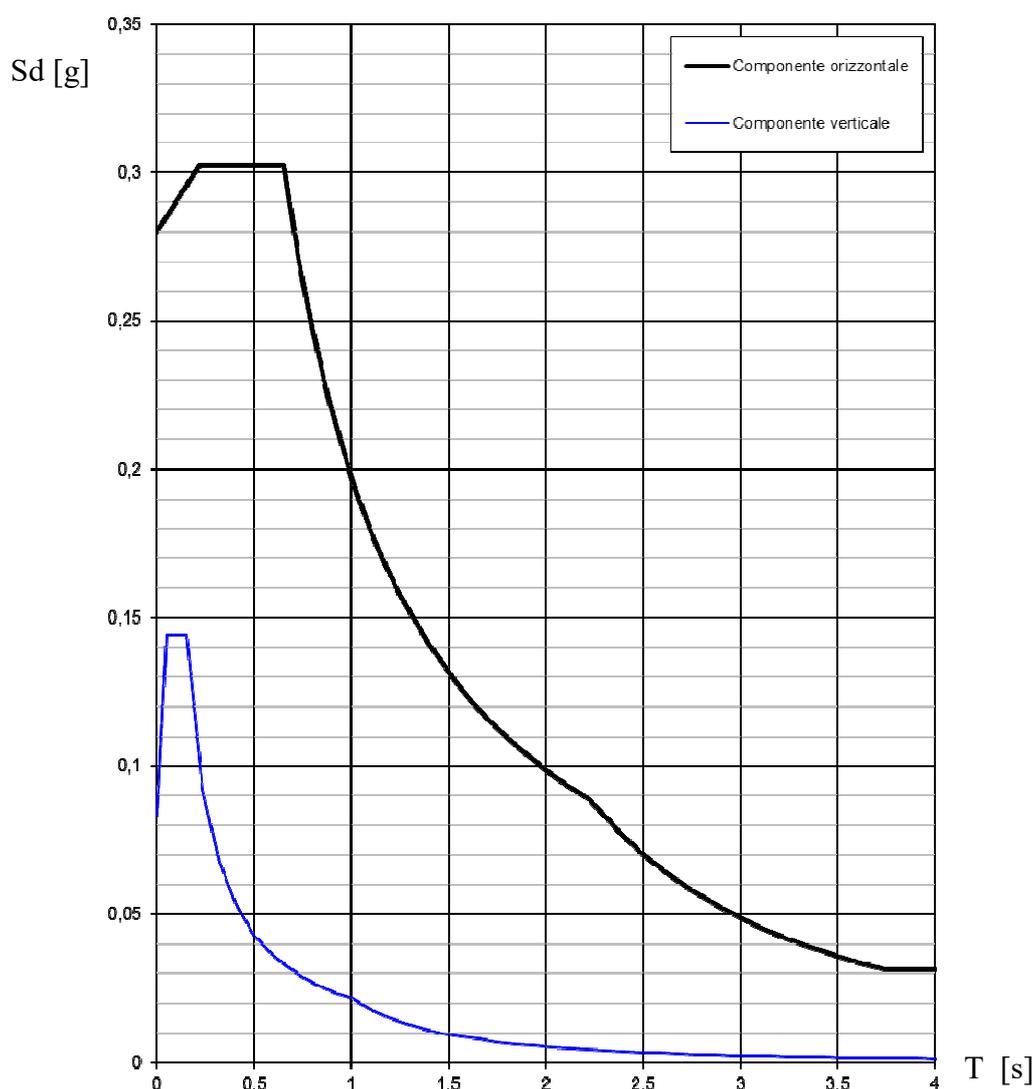
Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun SL (da NTC vers. 1.03)

Spettro di risposta elastico orizzontale dell'accelerazione (NTC2018)



Stato	agh base(g)	F0	Tc*	agv base(g)	Fv	Tr(anni)	Pr(%)	agh max(g)	agv max(g)	khs	kvs	beta	khi	kvi	T(s)
S.L.C.	0,2131	2,53	0,28	0,2131	1,58	975	0,05	0,3388	0,2131	0,095	0,047	0,28	0,286	0,135	0,25
S.L.V.	0,1595	2,59	0,27	0,1595	1,4	475	0,1	0,2840	0,1595	0,068	0,034	0,24	0,245	0,089	0,25
S.L.D.	0,0569	2,48	0,27	0,0569	0,8	50	0,63	0,1025	0,0569	0,020	0,010	0,20	0,254	0,027	0,25
S.L.O.	0,0446	2,51	0,25	0,0446	0,71	30	0,81	0,0803	0,0446	0,016	0,008	0,20	0,201	0,019	0,25

Parametri sismici secondo le NTC2018

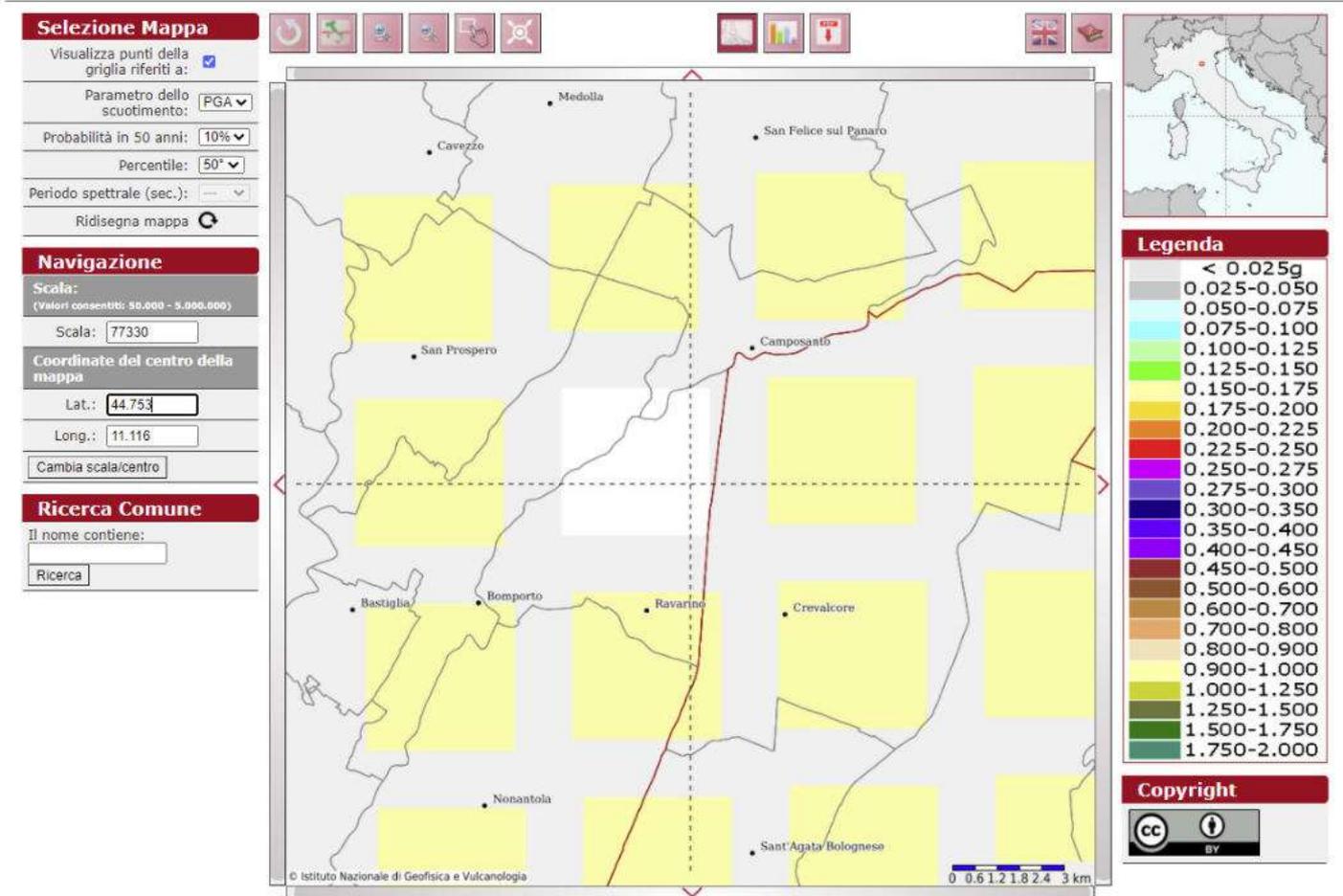


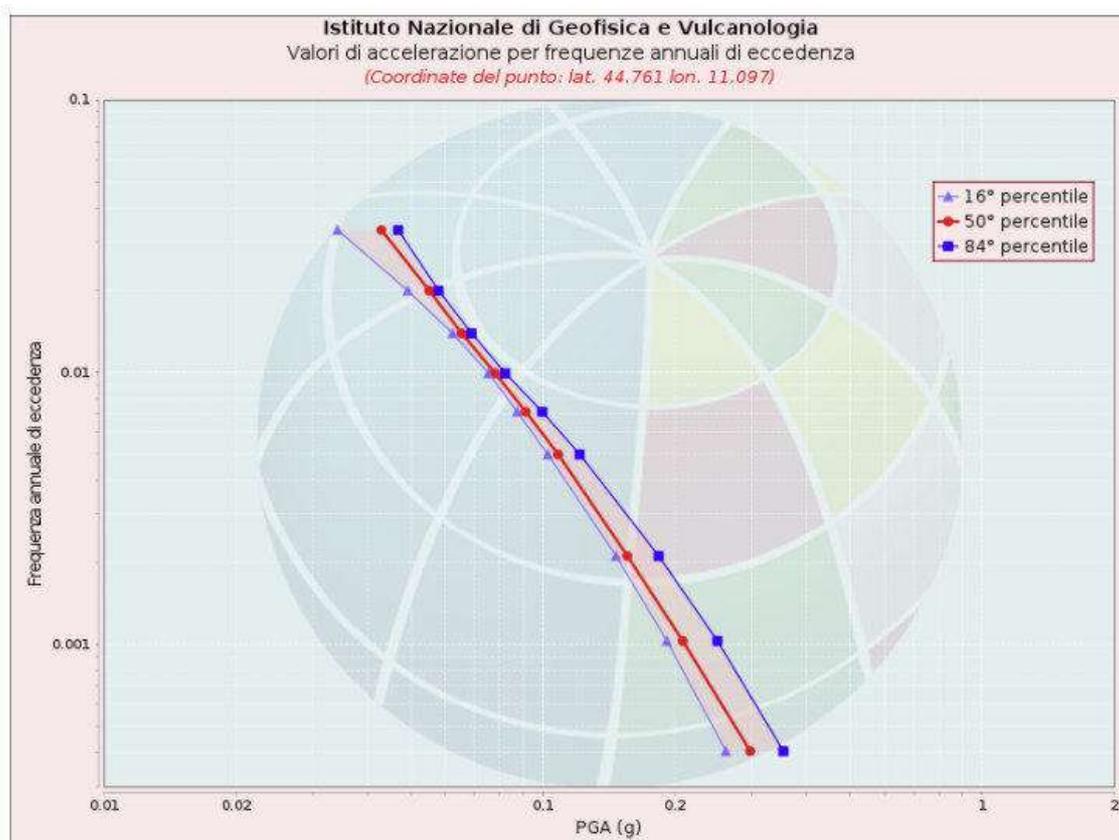
*Spettri di risposta (componenti orizzontale e verticale per lo stato limite: SLV
(da NTC vers. 1.03)*

Infine si allegano le mappe interattive di pericolosità sismica di INGV del punto più vicino (si veda grafici alla pagina seguente) e precisamente:

- Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (grafico e tabulato numerico), che consente di determinare il contributo di varie sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica dell'area oggetto di studio. Precisamente si sono presi in considerazione i terremoti con M compresa tra 4,0 e 6,0 rapportati ad una distanza con raggio di ca. Km. 30.
- Valori di $a(g)$ per diverse frequenze annuali di superamento (grafico e tabulato numerico), in rapporto ai percentili 16°, 50°, 84°.

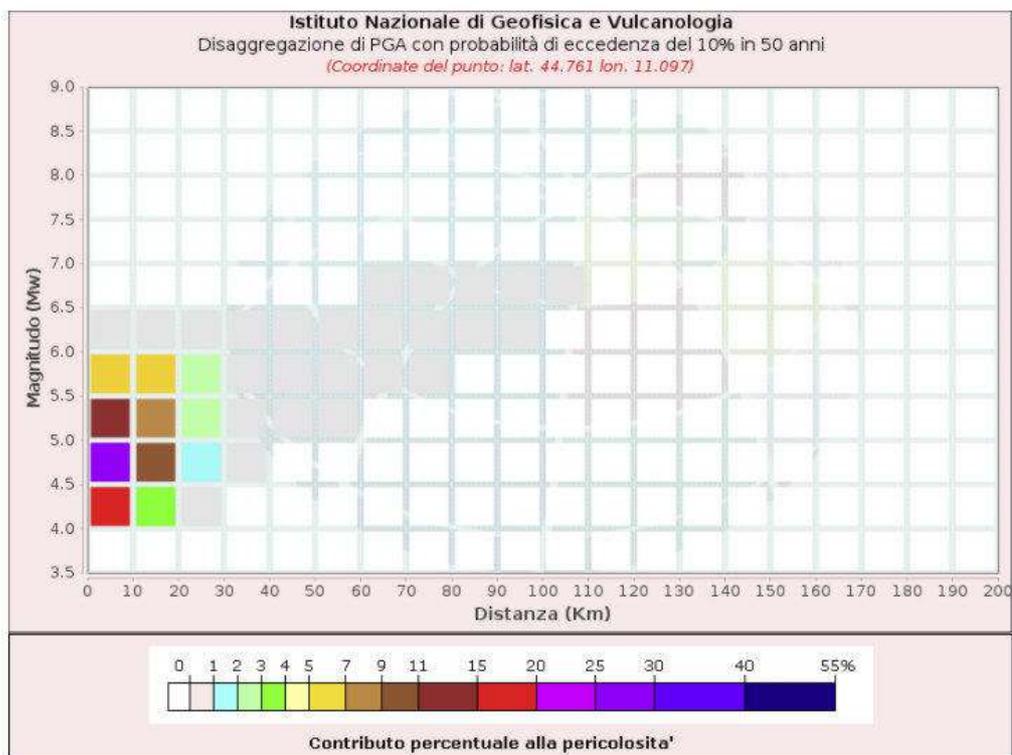
Modello di pericolosità sismica MPS04-S1





Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza
 (Coordinate del punto: lat. 44.761 lon. 11.097)

Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2614	0.2969	0.3532
0.0010	0.1918	0.2085	0.2501
0.0021	0.1469	0.1559	0.1837
0.0050	0.1027	0.1085	0.1215
0.0071	0.0875	0.0915	0.0998
0.0099	0.0753	0.0779	0.0822
0.0139	0.0623	0.0654	0.0689
0.0199	0.0493	0.0552	0.0580
0.0332	0.0341	0.0429	0.0469



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 44.761 lon. 11.097)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	15.2000	26.5000	13.7000	6.1600	0.6920	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.9000	10.3000	8.9900	6.2400	0.9030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.1870	1.3400	2.1700	2.0800	0.3210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0343	0.3550	0.5430	0.0789	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0207	0.1270	0.0195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0221	0.0070	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0162	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0105	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0034	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

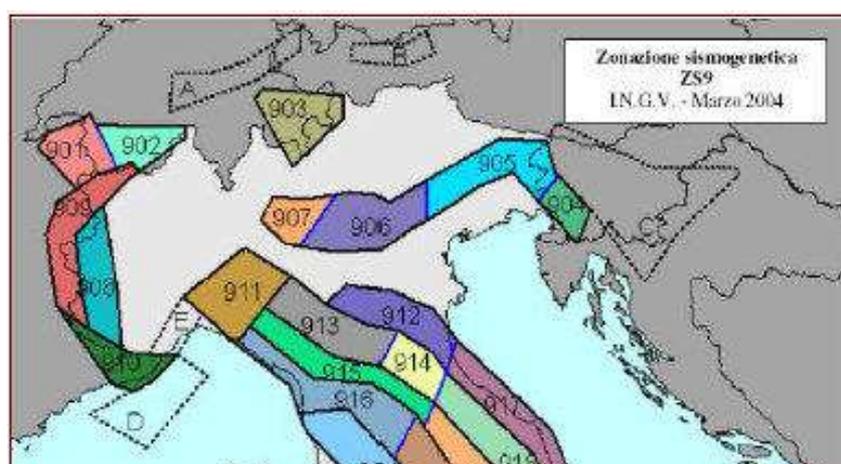
Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.97	9.52	0.702

9) RISCHIO LIQUEFAZIONE

Magnitudo di Riferimento

Con riferimento al Rapporto Conclusivo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (aprile 2004 – vedi Tav.10) il territorio in esame ricade all'interno della zona sismogenetica **ZS 912** (Dorsale Ferrarese) per la quale viene previsto il seguente valore massimo della Magnitudo Momento: **Mw = 6,14**.

Dello stesso ordine di grandezza rispetto al valore registrato durante il sisma del 20 maggio 2012 (magnitudo momento Mw = 6,0 – magnitudo locale ML = 5,9).



Verifica del potenziale di liquefazione

Secondo la definizione data nell'Eurocodice 8, *la liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.*

Nel contesto considerato, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo argillosa.

In altre parole è necessario valutare il potenziale di liquefazione del terreno ove deve essere realizzata la costruzione. Le ricerche che hanno portato all'evoluzione delle conoscenze dei parametri più significativi ed alla formulazione di metodi empirici e di analisi dinamica, hanno preso avvio a partire dai terremoti di Niigata dell'Alaska (1964). Sono emersi così i primi criteri empirici di previsione, basati sulle caratteristiche granulometriche e sullo stato di addensamento; a tali criteri

hanno fatto seguito metodi più raffinati e complessi capaci di tenere conto di un numero di parametri sempre più elevato.

Il quadro dei metodi oggi disponibili è quanto mai vario e va da criteri basati su soli dati geologici qualitativi (età del deposito, origine, stratigrafia, profondità della falda, ecc.) a metodi di analisi dinamica molto sofisticati, basati sulla valutazione della pressione effettiva della risposta sismica locale e su prove di laboratorio molto sofisticate e complesse. Questi metodi si basano sul confronto fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto, ovvero fra gli strati tensionali che producono liquefazione o livelli di deformazione critici e quelli indotti dalle onde sismiche nella loro propagazione. A tal fine richiedono la precisazione di parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, valutati questi ultimi o con prove dinamiche di laboratorio o con prove in situ.

La loro applicazione richiede quindi:

- *la valutazione della resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclici in condizioni non drenate, mediante correlazioni basate su prove in situ ed in laboratorio;*
- *calcolo delle sollecitazioni di taglio indotte.*

La verifica del coefficiente di sicurezza **FL**, viene determinata ad ogni quota *z* del deposito compresa nei primi **15-20 m** (profondità da verificare in rapporto alla normativa vigente nel sito indagato), mediante l'applicazione della seguente formula:

$$F_L = \frac{CRR}{CSR} \cdot MSF$$

dove:

- **CRR** = Cyclic Resistance Ratio, indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico, normalizzata rispetto alla pressione verticale efficace $\sigma'v$;
- **CSR** = Cyclic Stress Ratio, indica la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

$$CSR = 0,65 \frac{a \max}{G} \cdot \frac{\sigma v}{\sigma' v} \cdot rd$$

a max = accelerazione di picco al piano di campagna;

g = accelerazione di gravità;

σv = tensione totale verticale nel sottosuolo;

$\sigma' v$ = tensione efficace verticale nel sottosuolo;

rd = 1-0.0015*z* coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità di interesse per tenere in conto la deformabilità del sottosuolo (Iwasaki 1978).

Nell'ipotesi di propagazione verticale di onde sismiche di taglio la colonna di terreno di altezza z si muove rigidamente in direzione orizzontale. Poiché in realtà la colonna di terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido.

1. MSF = fattore di correzione della magnitudo

Dal rapporto tra il numeratore con il denominatore, se il risultato è **FL >1,00** il deposito viene considerato **non liquefacibile**, se inferiore **liquefacibile**.

La stima del rischio di liquefazione è stata elaborata impiegando il software Liquef Ver. 3.1 della ProgramGeo.

I risultati ottenuti dall'applicazione del metodo di calcolo suddetto ai dati forniti dalla CPT1 eseguita e spinta sino a 30.80 metri dal p.c.

Calcolo dell'Indice del Potenziale di Liquefazione

L'indice del potenziale di liquefazione **IL**, è stato introdotto da *Iwasaki et al. [1982]* allo scopo di fornire una misura integrale degli effetti della liquefazione per una singola verticale (per i quali sono disponibili al variare della profondità z i valori del fattore di sicurezza **FL**). *Quando $FL < 1$ lo strato di terreno è liquefacibile*, ma questa situazione non comporta necessariamente il collasso o una perdita di funzionalità delle strutture interagenti con il terreno, in quanto *le effettive conseguenze dell'innescio del fenomeno della liquefazione dipendono dall'estensione del fenomeno stesso, dalla profondità a cui si verifica e dalle condizioni del piano di campagna (inclinazione, presenza di incisioni che comportino la presenza di sforzi di taglio statici, ecc.)*.

L'indice del potenziale di liquefazione è il parametro indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito e può essere così calcolato:

$$I_L = \int_0^{20(15)} F(z)w(z)dz$$

dove $20(15)$ è la profondità critica entro la quale si ritengono significativi gli effetti della liquefazione e $w(z)$ è una funzione di pesi, linearmente decrescente con la profondità, che tiene conto della profondità dello strato liquefacibile, attribuendo peso maggiore agli strati più superficiali ed è data da:

$$w(z) = 10 - 0.5z$$

Ad una data quota z , il fattore $F(z) = F$ vale:

$F = 1 - FL$ se $FL \leq 1.0$

$F = 0$ se $FL > 1.0$

dove FL è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8).

La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagine geofisica.

La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF};$$

dove:

a_{\max}	= accelerazione sismica massima;
g	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s ² ;
σ_{v0}	= pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
σ'_{v0}	= pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
r_d	= coefficiente funzione della profondità dal p.c.;
MSF	= coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione $MSF = \left(\frac{M}{7.5}\right)^{-3.3}$ se $M \leq 7.5$ o con la formula $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$ se $M > 7.5$.

La grandezza r_d può essere valutata attraverso alcune correlazioni empiriche note in letteratura.

1) Seed (1971)

$$rd = 1 - 0.01h_{media} \text{ per } h_{media} \text{ (profondità media dello strato)} < 10m$$

$$rd = 1.15 - 0.025h_{media} \text{ per } h_{media} \geq 10m$$

2) *Liao & Whitman (1986)*

$$rd = 1 - 0.00765h_{media} \text{ per } h_{media} \leq 9.15\text{m}$$

$$rd = 1.174 - 0.0267h_{media} \text{ per } 9.15 < h_{media} \leq 23\text{m}$$

$$rd = 0.774 - 0.008h_{media} \text{ per } 23 < h_{media} \leq 30\text{m}$$

$$rd = 0.5 \text{ per } h_{media} > 30\text{m}$$

3) *Blake (1996)*

$$rd = \frac{\alpha}{\beta}$$

$$\alpha = 1.0 - 0.4113\sqrt{h_{media}} + 0.04052h_{media} + 0.001753h_{media}^{1.5}$$

$$\beta = 1.0 - 0.4177\sqrt{h_{media}} + 0.05729h_{media} - 0.00620h_{media}^{1.5} + 0.001210h_{media}^2$$

4) *Boulangier & Idriss (2004)*

$$rd = \exp(\alpha + \beta)$$

$$\alpha = -1.012 - 1.126\text{sen}\left(\frac{h_{media}}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta = M_w \left[0.106 + 0.118\text{sen}\left(\frac{h_{media}}{11.28}\right) + 5.142 \right]$$

in cui M_w è la magnitudo momento del sisma di riferimento.

Nel metodo di Boulangier e Idriss per CPT, quello usato nel presente rapporto, il parametro CRR viene calcolato con la seguente espressione:

$$CRR = \exp \left[\frac{qc_{1ncs}}{540} + \sqrt{\frac{qc_{1ncs}}{67}} - \left(\frac{qc_{1ncs}}{80} \right)^3 + \left(\frac{qc_{1ncs}}{114} \right)^4 - 3 \right]$$

Il parametro qc_{1n} deve essere stimato in maniera iterativa. Si procede secondo il seguente schema:

1. Si stima inizialmente qc_{1n} , ponendo $qc_{1n} = \frac{qc}{98.1}$;
2. Si calcola il fattore correttivo C_Q con la seguente espressione: $C_Q = \left(\frac{98.1}{\sigma'} \right)^\alpha$
 dove σ' (kPa) = pressione litostatica verticale efficace e
 $\alpha = 1.338 - 0.294 \times qc_{1n}^{0.264}$

3. Si ricalcola qc_{1n} con la relazione $qc_{1n} = C_Q \frac{qc}{98,1}$
4. Si ripetono i passi 2 e 3 fino a quando la differenza fra valori di C_Q calcolati in due cicli successivi non è inferiore a un certo valore (per es. 0.001).

Se il valore di C_Q è maggiore di 1.7, si pone $C_Q = 1.7$.

La grandezza qc_{1ncs} si ottiene da qc_{1n} , introducendo una correzione K_c per la percentuale di fine presente correlata all'indice di tipo I_c , secondo il seguente schema:

$I_c \leq 1.64$	$K_c = 1.0$
$1.64 < I_c \leq 2.60$	$K_c = -17.88 + 33.75I_c - 21.63I_c^2 + 5.581I_c^3 - 0.403I_c^4$
$1.64 < I_c \leq 2.36$ FF < 0.5	$K_c = 1.0$

$$qc_{1ncs} = K_c \times qc_{1n}$$

Una volta calcolato il valore dell'indice del potenziale di liquefazione per la verticale considerata, è possibile associare al sito corrispondente una classe di pericolosità, secondo le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

$$\begin{aligned}
 I_L = 0 & \text{ Non liquefacibile } (F_L \geq 1.2) \\
 0 < I_L \leq 2 & \text{ Potenziale basso} \\
 2 < I_L \leq 5 & \text{ Potenziale moderato} \\
 5 < I_L \leq 15 & \text{ Potenziale alto} \\
 15 < I_L & \text{ Potenziale molto alto}
 \end{aligned}$$

Risultati della verifica del rischio di liquefazione

La presenza di terreni incoerenti in falda acquifera (libera, semilibera e prigioniera) porta ad una loro suscettibilità a fenomeni di liquefazione se risultano sottoposte a sollecitazioni di taglio ad andamento ciclico irregolare, ovvero in condizioni dinamiche. L'OPCM 3274/2003 indica che la verifica della suscettibilità alla liquefazione deve avvenire per una profondità di m. -15,00 dal p.c. mentre la Deliberazione dell'Assemblea Legislativa del 2 maggio 2007, n. 112, (Regione Emilia Romagna) individua tale profondità in m. -20.00 dal p. c.

La verticale effettuata sul sito evidenzia la presenza di terreni granulari a partire da ca:

- m. -10,60 e fino alla profondità indagata di m. -30,60 in CPT1.

Da evidenziare che tali strati risulterebbero potenzialmente suscettibili a liquefazione in condizioni dinamiche.

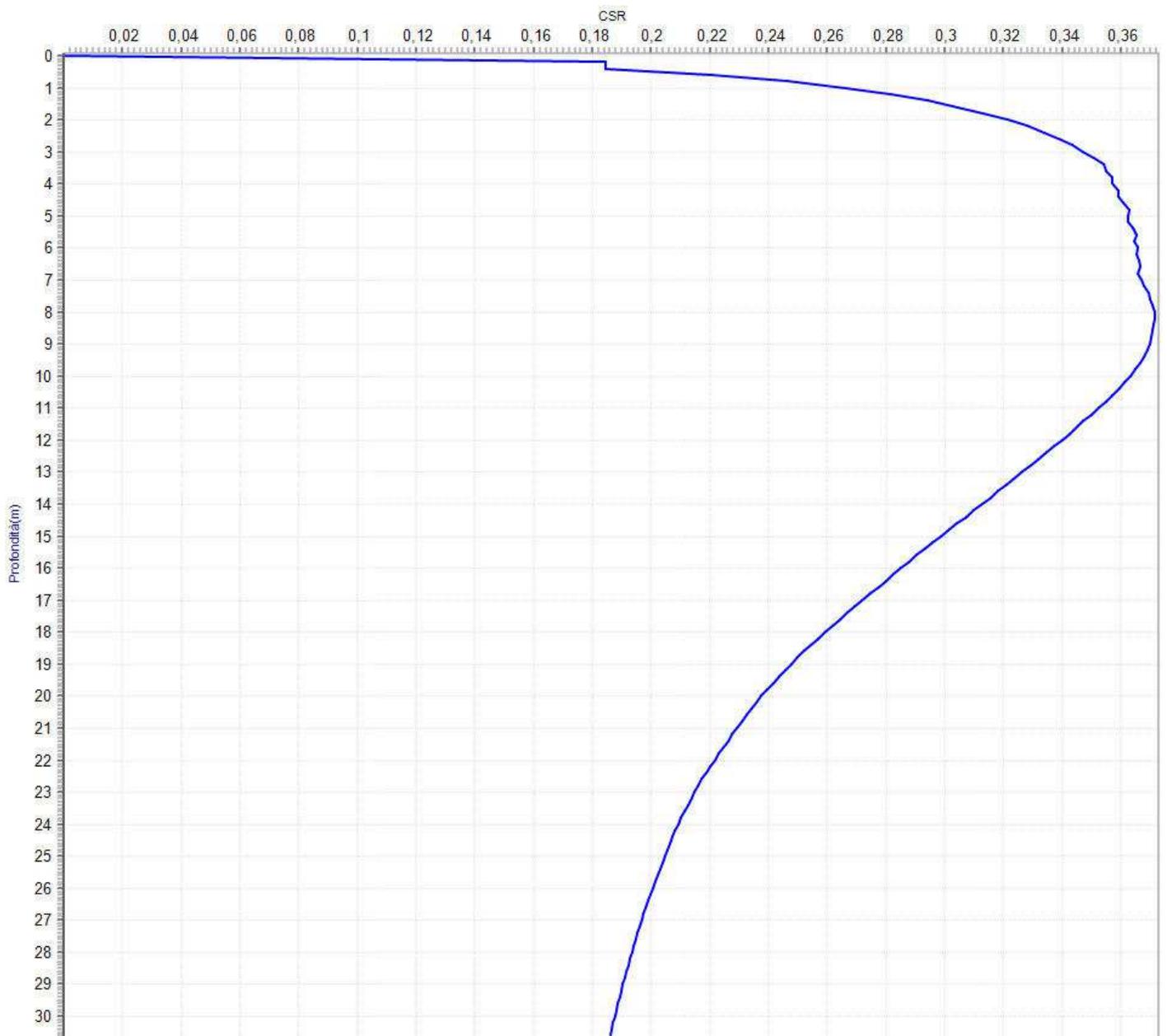
Profilo CSR							
N.	da (m)	a (m)	Gamma(kN/mc)	sigma(kPa)	sigma(kPa)	rd	CSR
1	0	0,2	21,19	4,238	4,238	1,0	0,185
2	0,2	0,4	19,13	8,064	8,064	0,999	0,184
3	0,4	0,6	18,34	11,732	9,77	0,997	0,221
4	0,6	0,8	18,44	15,42	11,496	0,996	0,247
5	0,8	1,0	17,56	18,932	13,046	0,994	0,266
6	1,0	1,2	17,56	22,444	14,596	0,993	0,282
7	1,2	1,4	17,56	25,956	16,146	0,991	0,294
8	1,4	1,6	17,27	29,41	17,638	0,99	0,305
9	1,6	1,8	17,27	32,864	19,13	0,988	0,313
10	1,8	2,0	16,87	36,238	20,542	0,987	0,321
11	2,0	2,2	16,97	39,632	21,974	0,985	0,328
12	2,2	2,4	16,97	43,026	23,406	0,984	0,334
13	2,4	2,6	16,97	46,42	24,838	0,982	0,339
14	2,6	2,8	16,97	49,814	26,27	0,981	0,343
15	2,8	3,0	16,97	53,208	27,702	0,979	0,347
16	3,0	3,2	16,78	56,564	29,096	0,978	0,351
17	3,2	3,4	16,78	59,92	30,49	0,977	0,354
18	3,4	3,6	19,03	63,726	32,334	0,975	0,355
19	3,6	3,8	17,46	67,218	33,864	0,974	0,357
20	3,8	4,0	19,03	71,024	35,708	0,972	0,357
21	4,0	4,2	17,17	74,458	37,18	0,971	0,359
22	4,2	4,4	19,03	78,264	39,024	0,97	0,359
23	4,4	4,6	16,78	81,62	40,418	0,968	0,361
24	4,6	4,8	16,58	84,936	41,772	0,967	0,363
25	4,8	5,0	19,03	88,742	43,616	0,965	0,363
26	5,0	5,2	19,03	92,548	45,46	0,964	0,362
27	5,2	5,4	15,99	95,746	46,696	0,962	0,364
28	5,4	5,6	17,07	99,16	48,148	0,961	0,365
29	5,6	5,8	19,03	102,966	49,992	0,959	0,365
30	5,8	6,0	16,58	106,282	51,346	0,957	0,366
31	6,0	6,2	19,03	110,088	53,19	0,956	0,365
32	6,2	6,4	16,58	113,404	54,544	0,954	0,366
33	6,4	6,6	17,07	116,818	55,996	0,952	0,367
34	6,6	6,8	19,03	120,624	57,84	0,95	0,366
35	6,8	7,0	15,89	123,802	59,056	0,948	0,367
36	7,0	7,2	15,89	126,98	60,272	0,946	0,368
37	7,2	7,4	15,01	129,982	61,312	0,944	0,369
38	7,4	7,6	16,68	133,318	62,686	0,942	0,37
39	7,6	7,8	15,01	136,32	63,726	0,939	0,371
40	7,8	8,0	15,89	139,498	64,942	0,937	0,371
41	8,0	8,2	16,48	142,794	66,276	0,934	0,372
42	8,2	8,4	16,97	146,188	67,708	0,931	0,371
43	8,4	8,6	16,97	149,582	69,14	0,928	0,371
44	8,6	8,8	16,97	152,976	70,572	0,925	0,37
45	8,8	9,0	16,97	156,37	72,004	0,922	0,37
46	9,0	9,2	17,36	159,842	73,514	0,919	0,369
47	9,2	9,4	17,66	163,374	75,084	0,915	0,368
48	9,4	9,6	17,66	166,906	76,654	0,912	0,367
49	9,6	9,8	17,95	170,496	78,282	0,908	0,365
50	9,8	10,0	18,44	174,184	80,008	0,904	0,363
51	10,0	10,2	19,03	177,99	81,852	0,9	0,361
52	10,2	10,4	18,54	181,698	83,598	0,896	0,359
53	10,4	10,6	19,03	185,504	85,442	0,891	0,357

INCO ENRIC SRL

N.	da (m)	a (m)	Gamma(kN/mc)	sigma(kPa)	sigma(kPa)	rd	CSR
54	10,6	10,8	19,42	189,388	87,364	0,887	0,355
55	10,8	11,0	19,42	193,272	89,286	0,882	0,352
56	11,0	11,2	19,62	197,196	91,248	0,877	0,35
57	11,2	11,4	19,42	201,08	93,17	0,872	0,347
58	11,4	11,6	19,03	204,886	95,014	0,866	0,345
59	11,6	11,8	18,34	208,554	96,72	0,861	0,343
60	11,8	12,0	19,13	212,38	98,584	0,855	0,34
61	12,0	12,2	19,82	216,344	100,586	0,85	0,337
62	12,2	12,4	19,72	220,288	102,568	0,844	0,335
63	12,4	12,6	19,03	224,094	104,412	0,838	0,332
64	12,6	12,8	18,74	227,842	106,198	0,832	0,329
65	12,8	13,0	19,33	231,708	108,102	0,825	0,327
66	13,0	13,2	19,72	235,652	110,084	0,819	0,324
67	13,2	13,4	19,03	239,458	111,928	0,813	0,321
68	13,4	13,6	18,93	243,244	113,752	0,806	0,318
69	13,6	13,8	18,15	246,874	115,42	0,8	0,316
70	13,8	14,0	19,13	250,7	117,284	0,793	0,313
71	14,0	14,2	19,03	254,506	119,128	0,786	0,31
72	14,2	14,4	19,23	258,352	121,012	0,779	0,307
73	14,4	14,6	19,72	262,296	122,994	0,773	0,304
74	14,6	14,8	19,03	266,102	124,838	0,766	0,301
75	14,8	15,0	18,93	269,888	126,662	0,759	0,299
76	15,0	15,2	19,03	273,694	128,506	0,753	0,296
77	15,2	15,4	18,93	277,48	130,33	0,746	0,293
78	15,4	15,6	18,64	281,208	132,096	0,739	0,291
79	15,6	15,8	19,03	285,014	133,94	0,733	0,288
80	15,8	16,0	18,54	288,722	135,686	0,726	0,285
81	16,0	16,2	18,44	292,41	137,412	0,72	0,283
82	16,2	16,4	18,93	296,196	139,236	0,713	0,28
83	16,4	16,6	18,25	299,846	140,924	0,707	0,278
84	16,6	16,8	20,6	303,966	143,082	0,701	0,275
85	16,8	17,0	20,5	308,066	145,22	0,695	0,272
86	17,0	17,2	20,7	312,206	147,398	0,689	0,269
87	17,2	17,4	19,82	316,17	149,4	0,683	0,267
88	17,4	17,6	19,52	320,074	151,342	0,677	0,264
89	17,6	17,8	20,01	324,076	153,382	0,671	0,262
90	17,8	18,0	20,5	328,176	155,52	0,666	0,259
91	18,0	18,2	20,4	332,256	157,638	0,66	0,257
92	18,2	18,4	20,6	336,376	159,796	0,655	0,254
93	18,4	18,6	20,5	340,476	161,934	0,65	0,252
94	18,6	18,8	20,21	344,518	164,014	0,645	0,25
95	18,8	19,0	20,5	348,618	166,152	0,64	0,248
96	19,0	19,2	20,11	352,64	168,212	0,635	0,246
97	19,2	19,4	20,01	356,642	170,252	0,63	0,244
98	19,4	19,6	20,9	360,822	172,47	0,625	0,242
99	19,6	19,8	21,19	365,06	174,746	0,621	0,239
100	19,8	20,0	20,9	369,24	176,964	0,617	0,238
101	20,0	20,2	19,52	373,144	178,906	0,612	0,236
102	20,2	20,4	19,91	377,126	180,926	0,608	0,234
103	20,4	20,6	19,72	381,07	182,908	0,604	0,232
104	20,6	20,8	19,91	385,052	184,928	0,6	0,231
105	20,8	21,0	20,01	389,054	186,968	0,597	0,229
106	21,0	21,2	19,72	392,998	188,95	0,593	0,228
107	21,2	21,4	19,72	396,942	190,932	0,59	0,226
108	21,4	21,6	19,72	400,886	192,914	0,586	0,225

INCO ENRIC SRL

N.	da (m)	a (m)	Gamma(kN/mc)	sigma (kPa)	sigma(kPa)	rd	CSR
109	21,6	21,8	21,97	405,28	195,346	0,583	0,223
110	21,8	22,0	20,11	409,302	197,406	0,579	0,222
111	22,0	22,2	22,17	413,736	199,878	0,576	0,22
112	22,2	22,4	20,31	417,798	201,978	0,573	0,219
113	22,4	22,6	22,76	422,35	204,568	0,57	0,217
114	22,6	22,8	20,21	426,392	206,648	0,567	0,216
115	22,8	23,0	20,4	430,472	208,766	0,565	0,215
116	23,0	23,2	20,4	434,552	210,884	0,562	0,214
117	23,2	23,4	20,31	438,614	212,984	0,559	0,213
118	23,4	23,6	22,76	443,166	215,574	0,557	0,211
119	23,6	23,8	20,21	447,208	217,654	0,554	0,21
120	23,8	24,0	19,72	451,152	219,636	0,552	0,209
121	24,0	24,2	19,62	455,076	221,598	0,549	0,208
122	24,2	24,4	19,82	459,04	223,6	0,547	0,207
123	24,4	24,6	19,82	463,004	225,602	0,545	0,206
124	24,6	24,8	19,72	466,948	227,584	0,543	0,205
125	24,8	25,0	19,72	470,892	229,566	0,54	0,205
126	25,0	25,2	19,82	474,856	231,568	0,538	0,204
127	25,2	25,4	20,01	478,858	233,608	0,536	0,203
128	25,4	25,6	20,11	482,88	235,668	0,534	0,202
129	25,6	25,8	20,21	486,922	237,748	0,532	0,201
130	25,8	26,0	20,11	490,944	239,808	0,531	0,2
131	26,0	26,2	20,31	495,006	241,908	0,529	0,2
132	26,2	26,4	20,31	499,068	244,008	0,527	0,199
133	26,4	26,6	20,4	503,148	246,126	0,525	0,198
134	26,6	26,8	20,11	507,17	248,186	0,523	0,197
135	26,8	27,0	20,21	511,212	250,266	0,522	0,197
136	27,0	27,2	20,6	515,332	252,424	0,52	0,196
137	27,2	27,4	20,21	519,374	254,504	0,519	0,195
138	27,4	27,6	20,01	523,376	256,544	0,517	0,195
139	27,6	27,8	20,4	527,456	258,662	0,516	0,194
140	27,8	28,0	20,21	531,498	260,742	0,514	0,193
141	28,0	28,2	20,01	535,5	262,782	0,513	0,193
142	28,2	28,4	20,11	539,522	264,842	0,511	0,192
143	28,4	28,6	20,31	543,584	266,942	0,51	0,192
144	28,6	28,8	20,21	547,626	269,022	0,508	0,191
145	28,8	29,0	20,4	551,706	271,14	0,507	0,19
146	29,0	29,2	20,4	555,786	273,258	0,506	0,19
147	29,2	29,4	20,31	559,848	275,358	0,504	0,189
148	29,4	29,6	20,21	563,89	277,438	0,503	0,189
149	29,6	29,8	20,01	567,892	279,478	0,502	0,188
150	29,8	30,0	20,5	571,992	281,616	0,501	0,188
151	30,0	30,2	20,5	576,092	283,754	0,499	0,187
152	30,2	30,4	20,5	580,192	285,892	0,498	0,187
153	30,4	30,6	20,11	584,214	287,952	0,497	0,186



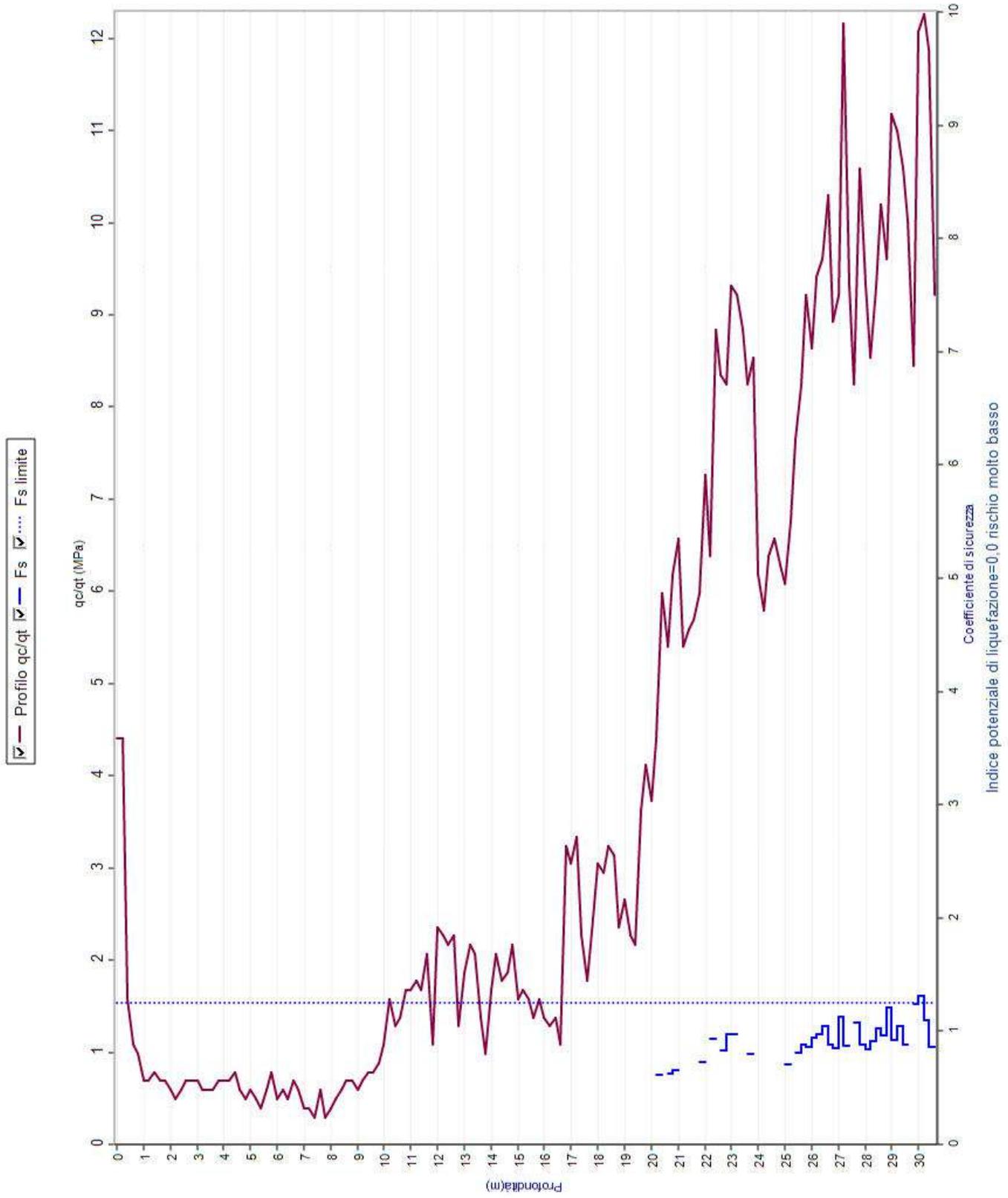
Profilo CRR da CPT

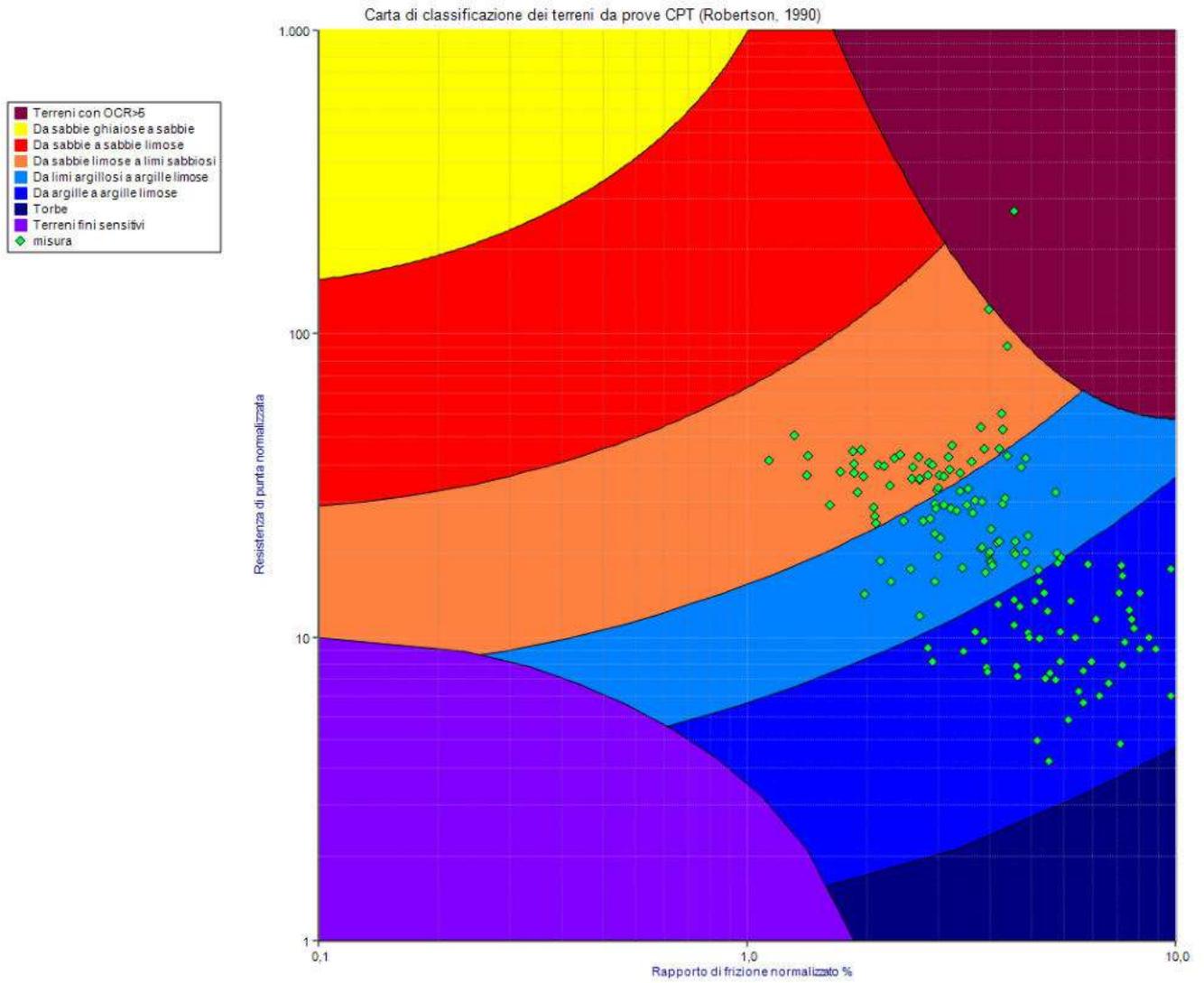
N.	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	Fs	Ic
1	0	0,2	4,41	65,73	21,19	0,185			1,63
2	0,2	0,4	1,57	65,73	19,13	0,184			2,46
3	0,4	0,6	1,08	39,24	18,34	0,221			2,57
4	0,6	0,8	0,98	39,24	18,44	0,247			
5	0,8	1,0	0,69	26,49	17,56	0,266			
6	1,0	1,2	0,69	26,49	17,56	0,282			
7	1,2	1,4	0,78	26,49	17,56	0,294			
8	1,4	1,6	0,69	19,62	17,27	0,305			
9	1,6	1,8	0,69	19,62	17,27	0,313			
10	1,8	2,0	0,59	19,62	16,87	0,321			
11	2,0	2,2	0,49	12,75	16,97	0,328			
12	2,2	2,4	0,59	12,75	16,97	0,334			
13	2,4	2,6	0,69	12,75	16,97	0,339			
14	2,6	2,8	0,69	12,75	16,97	0,343			
15	2,8	3,0	0,69	12,75	16,97	0,347			
16	3,0	3,2	0,59	19,62	16,78	0,351			
17	3,2	3,4	0,59	19,62	16,78	0,354			
18	3,4	3,6	0,59	12,75	19,03	0,355			
19	3,6	3,8	0,69	26,49	17,46	0,357			
20	3,8	4,0	0,69	12,75	19,03	0,357			
21	4,0	4,2	0,69	19,62	17,17	0,359			
22	4,2	4,4	0,78	19,62	19,03	0,359			
23	4,4	4,6	0,59	19,62	16,78	0,361			
24	4,6	4,8	0,49	19,62	16,58	0,363			
25	4,8	5,0	0,59	12,75	19,03	0,363			
26	5,0	5,2	0,49	12,75	19,03	0,362			
27	5,2	5,4	0,39	19,62	15,99	0,364			
28	5,4	5,6	0,59	26,49	17,07	0,365			
29	5,6	5,8	0,78	12,75	19,03	0,365			
30	5,8	6,0	0,49	19,62	16,58	0,366			
31	6,0	6,2	0,59	12,75	19,03	0,365			
32	6,2	6,4	0,49	26,49	16,58	0,366			
33	6,4	6,6	0,69	19,62	17,07	0,367			
34	6,6	6,8	0,59	12,75	19,03	0,366			
35	6,8	7,0	0,39	12,75	15,89	0,367			
36	7,0	7,2	0,39	19,62	15,89	0,368			
37	7,2	7,4	0,29	19,62	15,01	0,369			
38	7,4	7,6	0,59	19,62	16,68	0,37			
39	7,6	7,8	0,29	19,62	15,01	0,371			
40	7,8	8,0	0,39	12,75	15,89	0,371			
41	8,0	8,2	0,49	19,62	16,48	0,372			
42	8,2	8,4	0,59	26,49	16,97	0,371			
43	8,4	8,6	0,69	19,62	16,97	0,371			
44	8,6	8,8	0,69	19,62	16,97	0,37			
45	8,8	9,0	0,59	26,49	16,97	0,37			
46	9,0	9,2	0,69	26,49	17,36	0,369			
47	9,2	9,4	0,78	39,24	17,66	0,368			
48	9,4	9,6	0,78	46,11	17,66	0,367			
49	9,6	9,8	0,88	58,86	17,95	0,365			
50	9,8	10,0	1,08	71,61	18,44	0,363			
51	10,0	10,2	1,57	51,99	19,03	0,361			
52	10,2	10,4	1,28	46,11	18,54	0,359			
53	10,4	10,6	1,37	98,1	19,03	0,357			

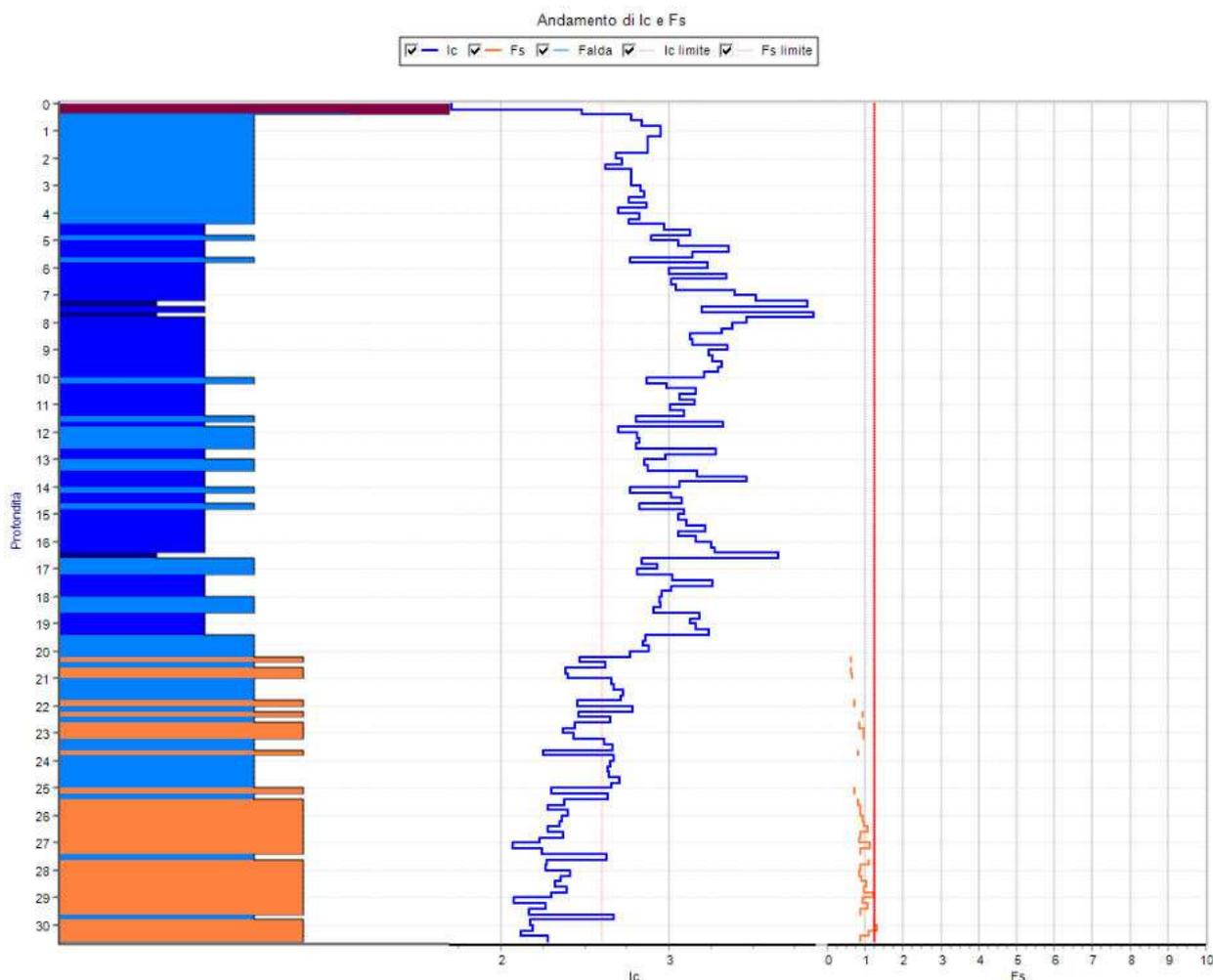
N.	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	Fs	Ic
54	10,6	10,8	1,67	110,85	19,42	0,355			
55	10,8	11,0	1,67	144,21	19,42	0,352			
56	11,0	11,2	1,77	98,1	19,62	0,35			
57	11,2	11,4	1,67	110,85	19,42	0,347			
58	11,4	11,6	2,06	65,73	19,03	0,345			
59	11,6	11,8	1,08	78,48	18,34	0,343			
60	11,8	12,0	2,35	58,86	19,13	0,34			
61	12,0	12,2	2,26	78,48	19,82	0,337			
62	12,2	12,4	2,16	71,61	19,72	0,335			
63	12,4	12,6	2,26	71,61	19,03	0,332			
64	12,6	12,8	1,28	91,23	18,74	0,329			
65	12,8	13,0	1,86	78,48	19,33	0,327			
66	13,0	13,2	2,16	71,61	19,72	0,324			
67	13,2	13,4	2,06	65,73	19,03	0,321			
68	13,4	13,6	1,37	65,73	18,93	0,318			
69	13,6	13,8	0,98	71,61	18,15	0,316			
70	13,8	14,0	1,67	71,61	19,13	0,313			
71	14,0	14,2	2,06	39,24	19,03	0,31			
72	14,2	14,4	1,77	65,73	19,23	0,307			
73	14,4	14,6	1,86	91,23	19,72	0,304			
74	14,6	14,8	2,16	51,99	19,03	0,301			
75	14,8	15,0	1,57	58,86	18,93	0,299			
76	15,0	15,2	1,67	58,86	19,03	0,296			
77	15,2	15,4	1,57	58,86	18,93	0,293			
78	15,4	15,6	1,37	58,86	18,64	0,291			
79	15,6	15,8	1,57	46,11	19,03	0,288			
80	15,8	16,0	1,37	46,11	18,54	0,285			
81	16,0	16,2	1,28	51,99	18,44	0,283			
82	16,2	16,4	1,37	65,73	18,93	0,28			
83	16,4	16,6	1,08	124,59	18,25	0,278			
84	16,6	16,8	3,24	124,59	20,6	0,275			
85	16,8	17,0	3,04	144,21	20,5	0,272			
86	17,0	17,2	3,34	117,72	20,7	0,269			
87	17,2	17,4	2,26	91,23	19,82	0,267			
88	17,4	17,6	1,77	110,85	19,52	0,264			
89	17,6	17,8	2,45	104,97	20,01	0,262			
90	17,8	18,0	3,04	144,21	20,5	0,259			
91	18,0	18,2	2,94	124,59	20,4	0,257			
92	18,2	18,4	3,24	156,96	20,6	0,254			
93	18,4	18,6	3,14	124,59	20,5	0,252			
94	18,6	18,8	2,35	156,96	20,21	0,25			
95	18,8	19,0	2,65	169,71	20,5	0,248			
96	19,0	19,2	2,26	124,59	20,11	0,246			
97	19,2	19,4	2,16	144,21	20,01	0,244			
98	19,4	19,6	3,63	137,34	20,9	0,242			
99	19,6	19,8	4,12	169,71	21,19	0,239			
100	19,8	20,0	3,73	150,09	20,9	0,238			
101	20,0	20,2	4,41	150,09	19,52	0,236			
102	20,2	20,4	5,98	156,96	19,91	0,234	0,144	0,617	2,47
103	20,4	20,6	5,4	137,34	19,72	0,232			
104	20,6	20,8	6,18	124,59	19,91	0,231	0,143	0,62	2,38
105	20,8	21,0	6,57	150,09	20,01	0,229	0,15	0,654	2,4
106	21,0	21,2	5,4	150,09	19,72	0,228			
107	21,2	21,4	5,59	169,71	19,72	0,226			
108	21,4	21,6	5,69	208,95	19,72	0,225			

INCO ENRIC SRL

N.	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc	CSR	CRR	Fs	Ic
109	21,6	21,8	5,98	222,69	21,97	0,223			
110	21,8	22,0	7,26	215,82	20,11	0,222	0,162	0,728	2,45
111	22,0	22,2	6,38	313,92	22,17	0,22			
112	22,2	22,4	8,83	326,67	20,31	0,219	0,204	0,931	2,46
113	22,4	22,6	8,34	353,16	22,76	0,217			
114	22,6	22,8	8,24	261,93	20,21	0,216	0,18	0,835	2,44
115	22,8	23,0	9,32	267,81	20,4	0,215	0,209	0,971	2,37
116	23,0	23,2	9,22	313,92	20,4	0,214	0,209	0,978	2,43
117	23,2	23,4	8,83	340,41	20,31	0,213			
118	23,4	23,6	8,24	340,41	22,76	0,211			
119	23,6	23,8	8,53	144,21	20,21	0,21	0,167	0,796	2,25
120	23,8	24,0	6,18	176,58	19,72	0,209			
121	24,0	24,2	5,79	137,34	19,62	0,208			
122	24,2	24,4	6,38	163,83	19,82	0,207			
123	24,4	24,6	6,57	176,58	19,82	0,206			
124	24,6	24,8	6,28	196,2	19,72	0,205			
125	24,8	25,0	6,08	150,09	19,72	0,205			
126	25,0	25,2	6,77	98,1	19,82	0,204	0,144	0,705	2,3
127	25,2	25,4	7,65	235,44	20,01	0,203			
128	25,4	25,6	8,24	196,2	20,11	0,202	0,164	0,81	2,38
129	25,6	25,8	9,22	176,58	20,21	0,201	0,178	0,883	2,28
130	25,8	26,0	8,63	228,57	20,11	0,2	0,172	0,86	2,4
131	26,0	26,2	9,42	242,31	20,31	0,2	0,189	0,947	2,36
132	26,2	26,4	9,61	242,31	20,31	0,199	0,193	0,97	2,35
133	26,4	26,6	10,3	222,69	20,4	0,198	0,207	1,046	2,28
134	26,6	26,8	8,93	222,69	20,11	0,197	0,174	0,884	2,37
135	26,8	27,0	9,22	144,21	20,21	0,197	0,167	0,848	2,23
136	27,0	27,2	12,16	150,09	20,6	0,196	0,221	1,129	2,07
137	27,2	27,4	9,32	156,96	20,21	0,195	0,17	0,871	2,25
138	27,4	27,6	8,24	242,31	20,01	0,195			
139	27,6	27,8	10,59	222,69	20,4	0,194	0,208	1,073	2,27
140	27,8	28,0	9,32	163,83	20,21	0,193	0,169	0,876	2,26
141	28,0	28,2	8,53	222,69	20,01	0,193	0,162	0,841	2,41
142	28,2	28,4	9,32	222,69	20,11	0,192	0,176	0,914	2,36
143	28,4	28,6	10,2	235,44	20,31	0,192	0,196	1,02	2,32
144	28,6	28,8	9,61	261,93	20,21	0,191	0,184	0,963	2,39
145	28,8	29,0	11,18	267,81	20,4	0,19	0,229	1,205	2,3
146	29,0	29,2	10,99	117,72	20,4	0,19	0,174	0,918	2,08
147	29,2	29,4	10,59	208,95	20,31	0,189	0,197	1,042	2,26
148	29,4	29,6	10,01	130,47	20,21	0,189	0,167	0,882	2,17
149	29,6	29,8	8,44	267,81	20,01	0,188			
150	29,8	30,0	12,07	203,07	20,5	0,188	0,234	1,244	2,18
151	30,0	30,2	12,26	215,82	20,5	0,187	0,245	1,308	2,19
152	30,2	30,4	11,87	156,96	20,5	0,187	0,204	1,092	2,12
153	30,4	30,6	9,22	156,96	20,11	0,186	0,159	0,856	2,28







Al termine delle prove è stato misurato il livello della falda freatica pari a cm. -195 in CPT1 rispetto all'attuale p. cantiere. Comunque il livello della falda superficiale risulta soggetto sia alle variazioni meteoriche e sia al locale litotipo riscontrato.

Nei diagrammi allegati risulta riportato l'analisi del rischio di liquefazione. Essa è stata determinata col metodo di *Boulanger & Idriss (2014)*, ed il sito è risultato con **Indice di Liquefazione pari a 0,0** (*Potenziale basso - Delib. Della Giunta Regionale 29 aprile 2019, n. 630*), ma rapportata ad una **magnitudo di riferimento pari a 6,14**, magnitudo di riferimento come stabilito dalla ZS 912 (si veda tavole allegate), ag massima orizzontale in superficie pari a 0,2840 g (agh max) e falda superficiale posta a m. -0,40 dall'attuale p.c.

In base ai risultati ottenuti, si ritiene comunque utile valutare nel dettaglio, utilizzando il metodo ed il grafico di *Ishihara (1985)*, gli effetti della liquefazione dei terreni in relazione alle strutture interagenti con il sottosuolo.

Valutazione degli effetti della liquefazione

Il verificarsi di fenomeni di liquefazione non necessariamente produce perdita di funzionalità o collasso delle strutture interagenti con il terreno. Quando il fenomeno è innescato, riduzioni significative di capacità portante e cedimenti rilevanti sono in funzione di diversi parametri tra cui lo spessore e l'estensione areale dello strato liquefatto, lo spessore di materiale non soggetto a liquefazione che ricopre lo strato liquefatto, la pendenza del terreno e l'eventuale prossimità di una superficie libera.

La presenza di strati superficiali non liquefacibili (perché non suscettibili a liquefazione - coesivi - o perché fuori falda), se sufficientemente più spessi di quelli liquefacibili, possono prevenire la liquefazione di strati sottostanti, o per lo meno attenuarne gli effetti.

Utilizzando il grafico di Ishihara (1985), di seguito riportato, è possibile mettere in relazione:

- lo spessore **H1** dello strato non liquefacibile sovrastante;
- lo spessore **H2** dello strato liquefacibile;
- l'accelerazione massima ag_{max} attesa al suolo per il sito d'indagine.

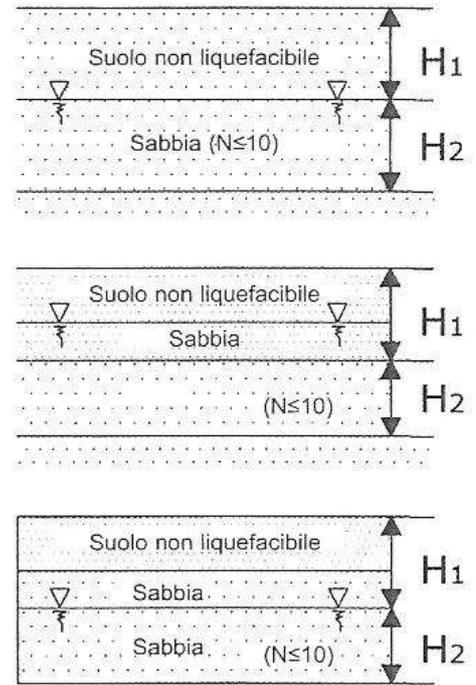
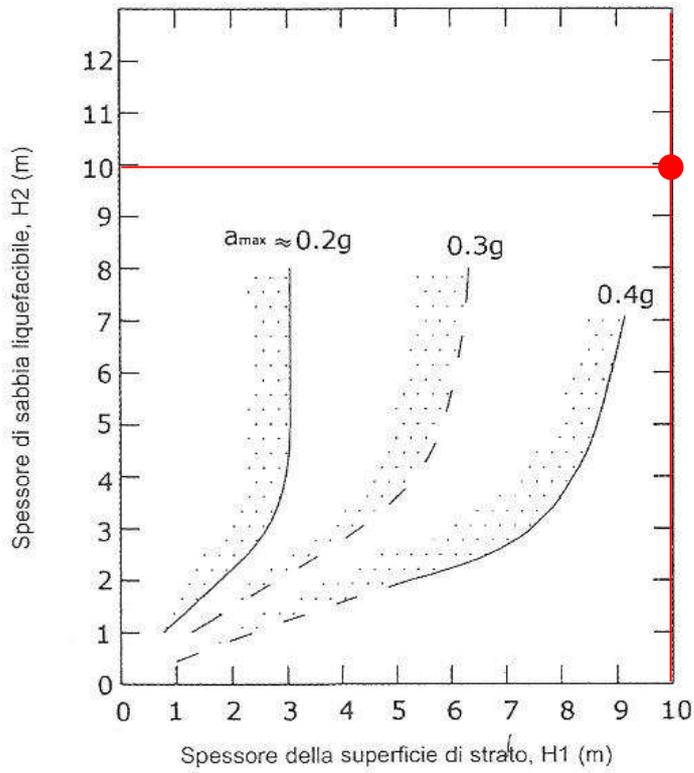
Nel diagramma sono riportate delle curve limite, diverse in funzione della ag_{max} attesa, che separano la zona dei casi in cui la liquefazione può provocare danni sulle strutture esistenti da quella in cui i danni non si sono osservati.

Nel nostro caso i dati rilevati per il sito sono:

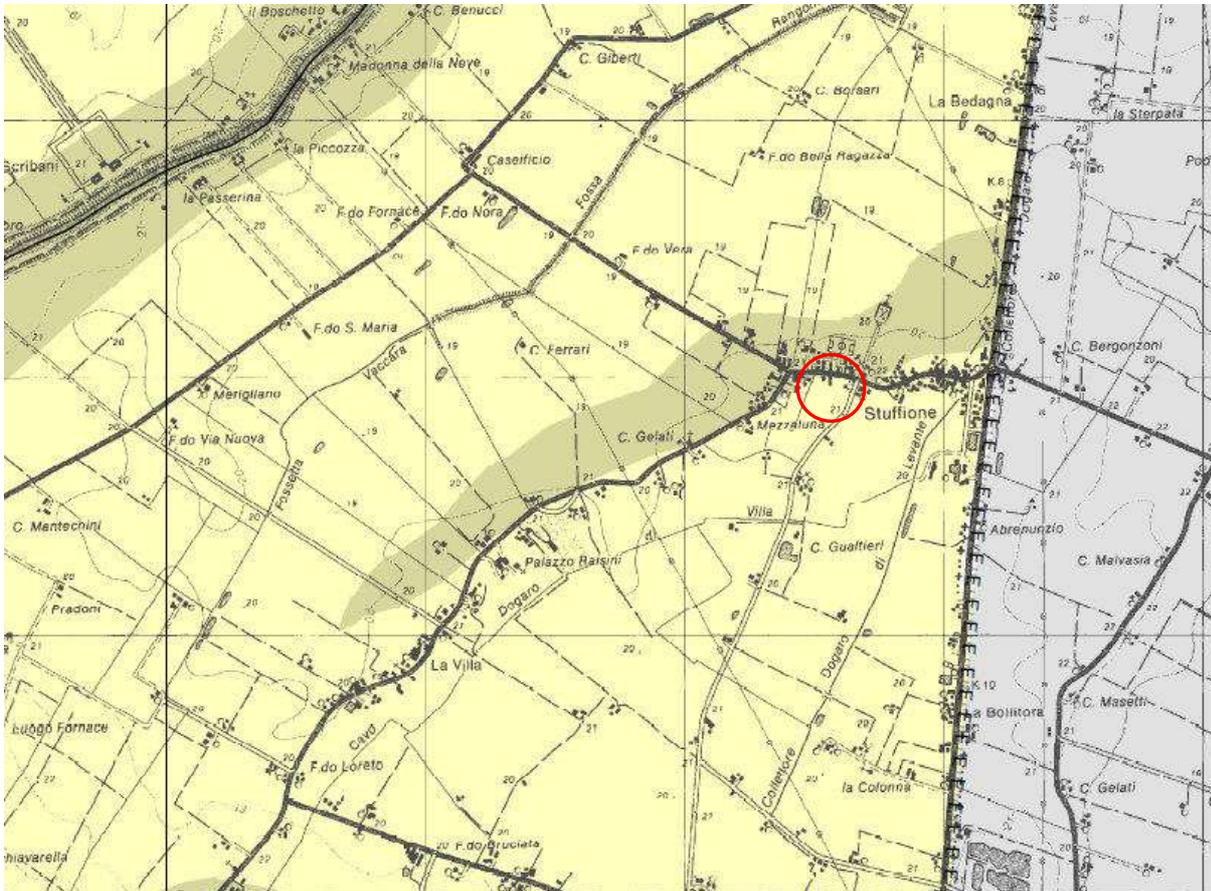
- spessore **H1** dello strato non liquefacibile sovrastante: 9,20 metri;
- spessore **H2** dello strato liquefacibile: 10,0 metri;
- l'accelerazione massima ag_{max} attesa al suolo per il sito d'indagine: 0.2840 g.

Riportando i dati sul grafico si osserva che lo strato liquefacibile potrà estendersi in superficie, provocando ripercussioni alle strutture sovrastanti, in presenza di una accelerazione di $ag_{max} > 0.4$ g: tale dato non risulta atteso per il sito d'indagine.

Nel grafico sottostante relazione fra lo spessore dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato sovrapposto (Ishihara, 1985).



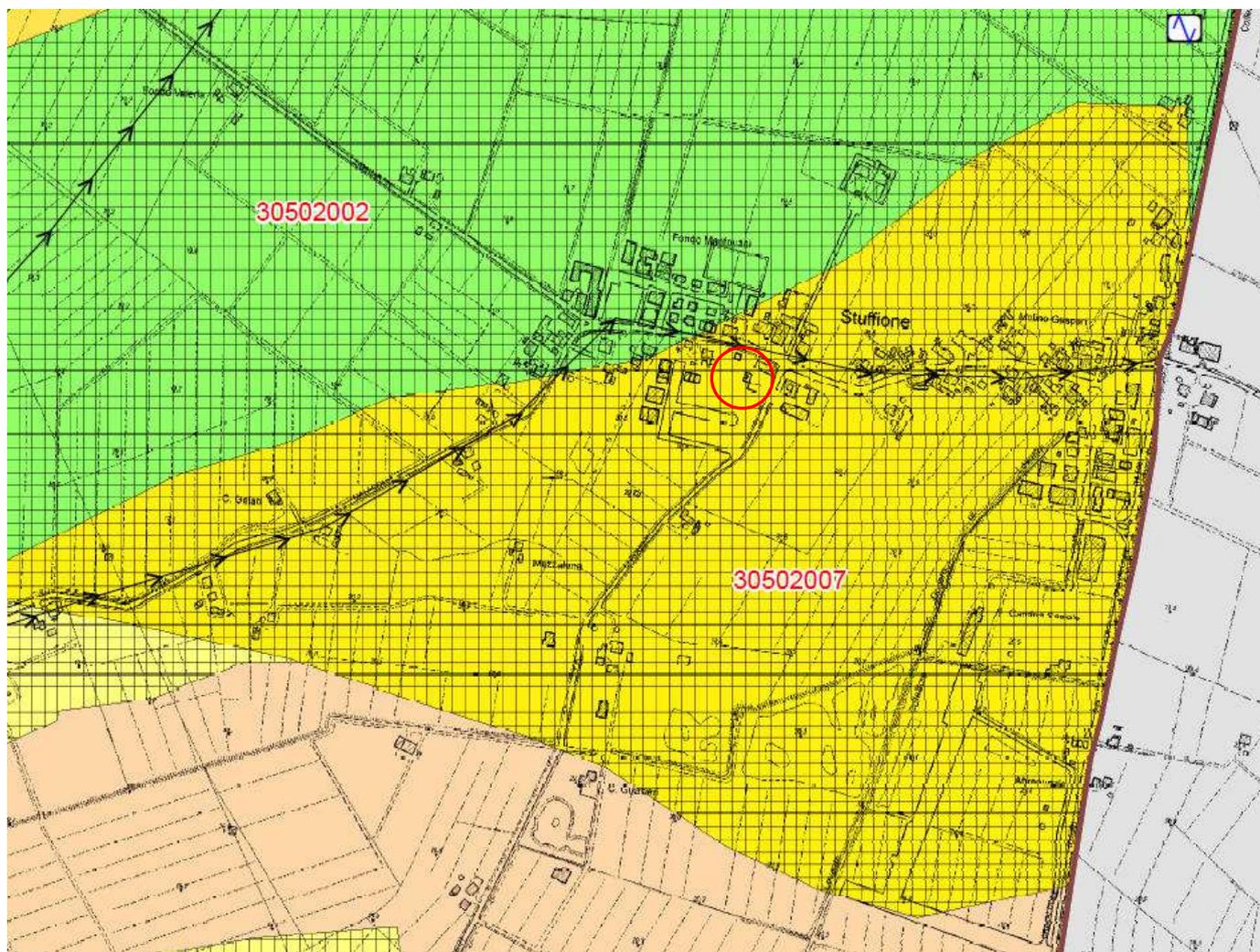
Stralcio PTCP - Carta 2.2.a.2 “Carta delle Sicurezze del Territorio - Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali”.



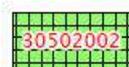
 Area oggetto d'intervento

7	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione <u>studi*</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica*</u>: approfondimenti di III livello.</p>
8	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <u>studi*</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica*</u>: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77. Stralcio della carta
"MICROZONAZIONE SISMICA – Carta delle microzone omogenee in prospettiva
sismica – scala 1: 10.000. Comune di Ravarino (MO)



 Area oggetto d'intervento



30502002 ZALQ - Zona di Attenzione per liquefazione - Successione stratigrafica con sabbie limose, miscela di sabbia e limo in superficie, con lenti di sabbia sottostante con spessore cumulativo $> 0,5$ m entro i primi 20 metri dal piano campagna



30502007 ZALQ - Zona di Attenzione per liquefazione - Successione stratigrafica con limi organici e argille limose organiche di bassa plasticità in superficie, con lenti di sabbia sottostante con spessore cumulativo $> 0,5$ m entro i primi 20 metri dal piano campagna



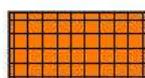
2010 Successione stratigrafica con limi organici e argille limose organiche di bassa plasticità in superficie, con prevalente argilla sottostante entro i primi 20 metri dal piano campagna e lenti di sabbia con spessore cumulativo $< 0,5$ m dal piano campagna

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77. Stralcio della carta
"MICROZONAZIONE SISMICA – Carta delle microzonazione sismica – Livello 2
- scala 1: 10.000. Comune di Ravarino (MO)



○ Area oggetto d'intervento

Zone di attenzione per instabilità

 ZALQ – Zona di Attenzione per liquefazione
FPGA = 1,7 – 1,8

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77. Stralcio della carta
“**MICROZONAZIONE SISMICA** – Carta delle microzonazione sismica – Livello 2
- scala 1: 10.000. Comune di Ravarino (MO)

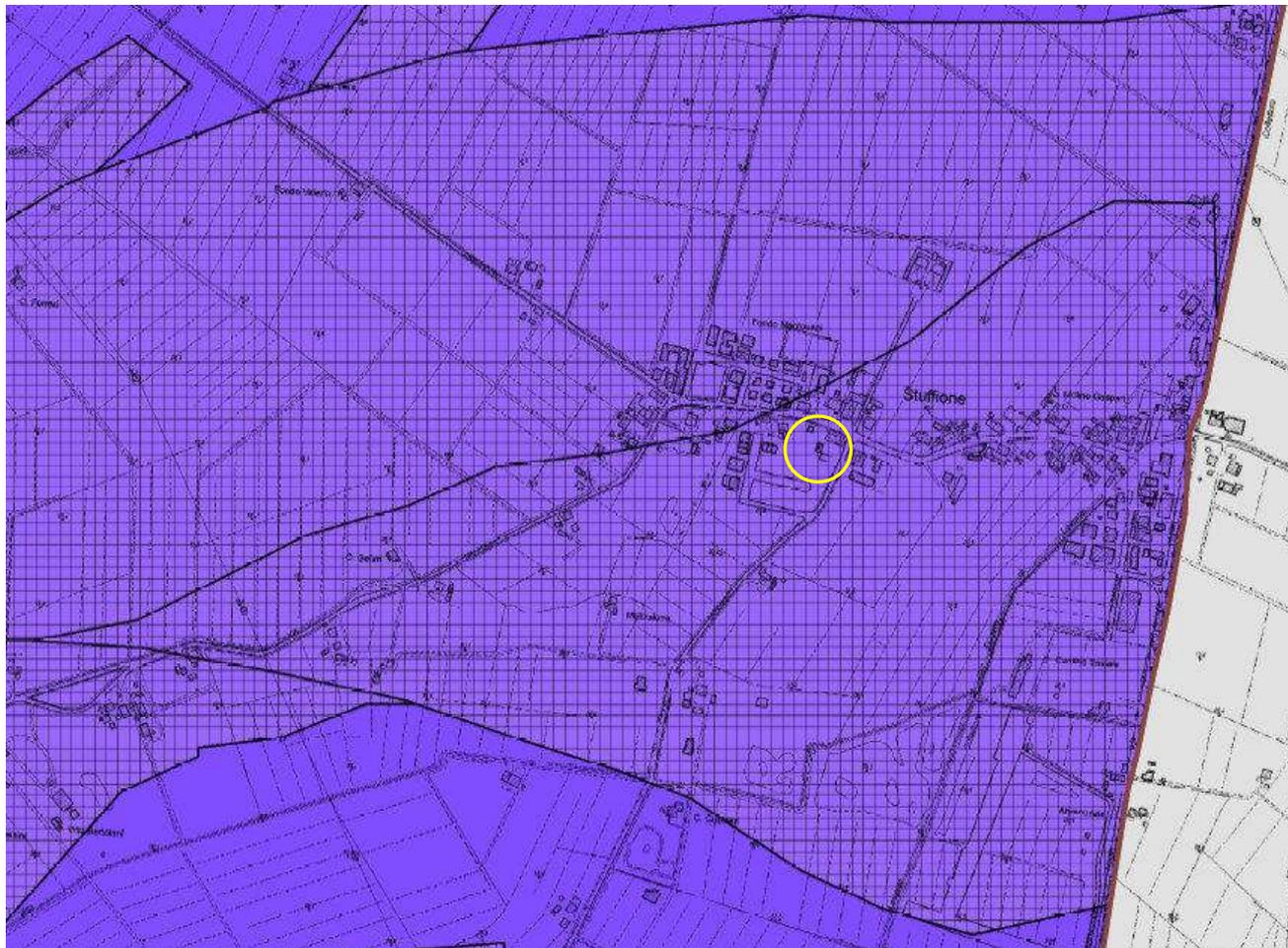


 Area oggetto d'intervento

Zone di attenzione per instabilità

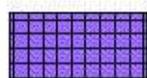
 ZA_{LQ} - Zona di Attenzione per liquefazione
FH0105 = 1,9 - 2,0

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77. Stralcio della carta
“MICROZONAZIONE SISMICA – Carta delle microzonazione sismica – Livello 2
- scala 1: 10.000. Comune di Ravarino (MO)



○ Area oggetto d'intervento

Zone di attenzione per instabilità



ZALQ - Zona di Attenzione per liquefazione
FH0510 = 2,5 - 3,0

**9.1) Stima dei fattori di amplificazione sismica per la microzonazione sismica
(secondo livello di approfondimento) – D.G.R. n. 630 del 29/04/2019**

La stima con abachi (DGR n. 630 del 29/04/2019 All. A2) riferita al sito in oggetto risulta “*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.;

Tabelle dei Fattori di Amplificazione **PGA, SA1, SA2, SA3, SA4, SI1, SI2 e SI3** relativa alla Pianura 2.

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

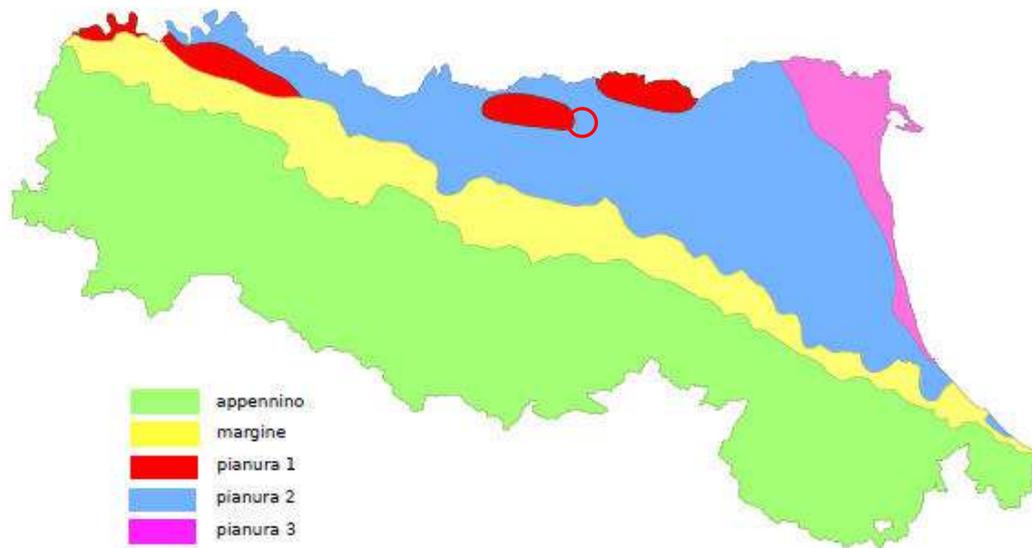
V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$),
SA4 ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Il sito indagato ha presentato V_{S30} pari 176,6 m/s, e prendendo in esame la colonna $V_{S30} = 200$, ovvero quella col valore più prossimo, si hanno FAPGA = 1,7; F.A. SA1 1,8; F.A. SA2 2,7; F.A. SA3 3,2; F.A. SA4 3,1; F.A. SI1 = 2,0; F.A. SI2 = 3,0; F.A. SI3 = 3,3.



Localizzazione indicativa degli ambienti geomorfologici e litostratigrafici in Emilia Romagna (C.N.R. - Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali – U.O.S. Milano. Settembre 2015)

○ Area oggetto del presente studio

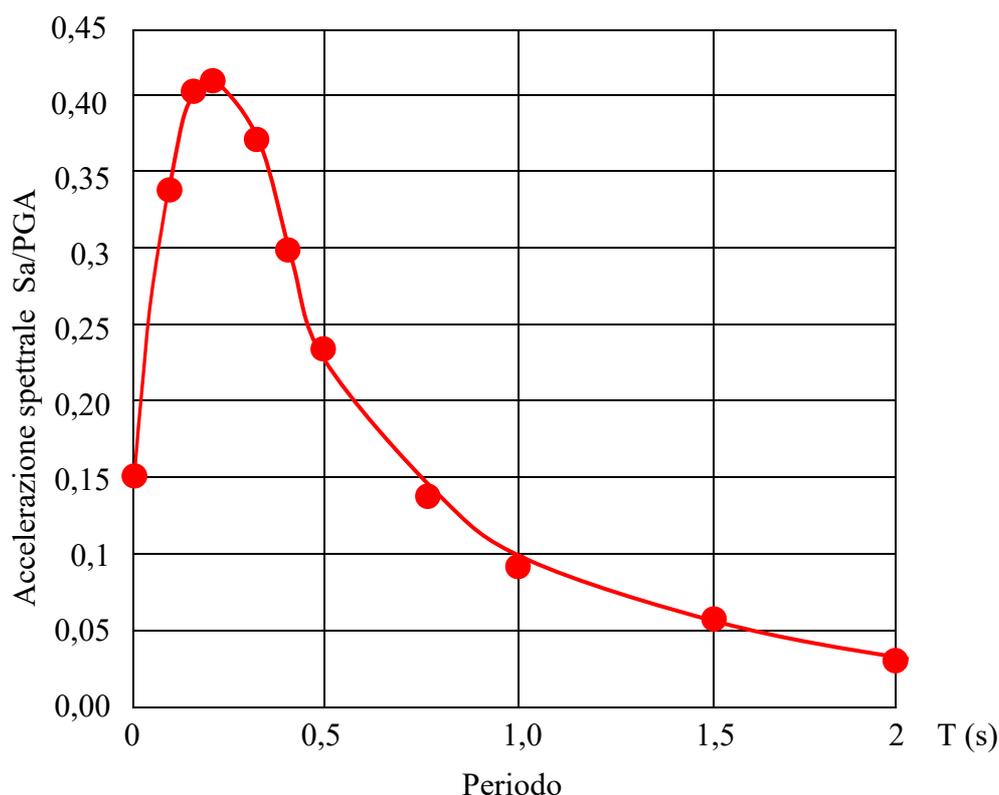
10) ANALISI TERZO LIVELLO (D. G. R. 29 Aprile 2019, n. 630)

L'area oggetto di studio risulta costituita nel primo sottosuolo da terreni che potrebbero essere soggetti a potenziale liquefazione (se saturi) e a densificazione. Tale livello di analisi è quindi finalizzato a valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale.

La legislazione regionale indica una classificazione comunale definita ai sensi dell'Allegato 2 della Deliberazione di Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 02/05/2007, in cui sono riportati i valori di a_g (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) per ogni comune dell'Emilia Romagna. Per il comune di *Ravarino* il valore di accelerazione di picco al suolo ($T = 0$), tempo di ritorno = 475 anni, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g è pari a 0.157 g . Nella stessa norma in Allegato A4 è fornito lo spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari 5%) in Emilia-Romagna, il quale è stato rivisto in R.E.R. D.G.R. 21 Dicembre 2015, n. 2193 All. A4 e successivamente D.G.R. n. 630 del 29 Aprile 2019 All. 4. Da tale spettro normalizzato è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme del comune in oggetto, moltiplicando i valori di questo (All. A4 – Tab. 1) al valore a_{refg} che è pari a 0,157.

T (s)	Sa/PGA
0.00000	0.157000
0.10000	0.346970
0.15000	0.409456
0.20000	0.417023
0.30000	0.377318
0.40000	0.304486
0.50000	0.236285
0.75000	0,144000
1.00000	0.099836
1.50000	0.056646
2.00000	0.038653

Tabella indicante i valori che definiscono lo spettro normalizzato previsto per il comune di Ravarino (derivato dallo spettro rappresentativo dell'Emilia Romagna)



Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento 5%) per il comune di Ravarino.

10.1) Stima dei cedimenti permanenti post-sismici

a) terreni coesivi

Per quanto riguarda i **depositi coesivi**, la stima dei cedimenti è stata eseguita come indicato DGR 2193/2015 – All. A3 - B3. *Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni coesivi soffici*

L'equazione usata per il calcolo dei cedimenti post-sismici è la seguente (Yasuhara e Andersen, 1991):

$$\varepsilon_v = \frac{\alpha \cdot C_r}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{p_0}} \right)$$

dove:

- C_r è l'indice di ricomprensione, che si assume pari all'indice di rigonfiamento C_s , determinabile con prova edometrica, pari a 0,036;
- $\alpha = 1.5$ è un coefficiente empirico che tiene conto della particolare storia di carico ciclico;

e_0 è l'indice dei vuoti naturale in sito dell'argilla, pari a 0.763;
 $\frac{\Delta u}{p'_0} = r_u$ è il rapporto fra l'incremento di pressione interstiziale indotta dallo scuotimento sismico e la tensione media efficace iniziale;

Per la stima del rapporto di sovrappressione interstiziale può essere utilizzata la seguente relazione empirica (Matsui et al. 1980):

$$r_u = \frac{\Delta u}{p'_0} = \beta \cdot \left[\log \frac{\gamma_{\max}}{\gamma_v} \right]$$

in cui:

$\beta \cong 0.45$ è un coefficiente sperimentale,
 γ_{\max} è la deformazione di taglio massima in semplice ampiezza indotta dal terremoto, determinabile, in prima approssimazione, con la relazione empirica:

$$\gamma_{\max} = \frac{a_{\max}}{g} \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

G è il modulo di taglio corrispondente al livello deformativo γ_{\max} , che può essere determinato per via iterativa, noto il valore della rigidità iniziale $G_0 (= \rho \cdot V_s^2)$, utilizzando la legge di variazione $G(\gamma)/G_0$ ottenuta con prove dinamiche di laboratorio o, in modo approssimato, desunta da curve di letteratura per terreni con proprietà simili (si veda ad es. Figura 4 da AGI (2005)).

γ_v è la deformazione di soglia volumetrica, determinabile con prove dinamiche di laboratorio, o in prima approssimazione con la relazione empirica (Matsui et al. 1980): $\gamma_v = A (OCR - 1) + B$ in cui OCR è il rapporto di sovraconsolidazione e A e B sono coefficienti sperimentali che, in assenza di determinazione diretta, possono essere stimati in funzione dell'indice di plasticità, I_p (Tabella 1).

Tabella 1 - Valori suggeriti per i coefficienti A e B

IP(%)	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

b) terreni granulari saturi

In particolare, per quanto riguarda i **depositi granulari saturi**, la stima dei cedimenti è stata eseguita come indicato DGR 2193/2015 – All. A3 – B1. *Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni granulari saturi.*

La deformazione volumetrica, ε_v (espressa in decimali), può essere stimata mediante le seguenti espressioni (Idriss e Boulanger, 2008):

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left(2.551 - 1.147 \cdot (q_{c1Ncs})^{0.264} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max}) \quad \text{con } q_{c1Ncs} \geq 21$$

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left(-0.369 \cdot \sqrt{(N_1)_{60cs}} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max})$$

in cui γ_{max} (decimale) è la massima deformazione di taglio indotta dall'azione sismica, determinabile, in prima approssimazione, con la relazione empirica:

$$\gamma_{max} = \frac{a_{maxs}}{g} \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

Dove r_d può essere determinato con l'equazione riportata nel § A.2.1 (dgr. 630/2019), G è il modulo di taglio corrispondente al livello deformativo γ , che può essere determinato per via iterativa, noto il valore della rigidità iniziale G_0 ($= \rho \cdot V_s^2$), utilizzando la legge di variazione $G(\gamma)/G_0$ ottenuta con prove dinamiche in laboratorio o, in modo approssimato, desunta da curve di letteratura per terreni con proprietà simili (si veda ad es. Figura 4 da AGI, 2005).

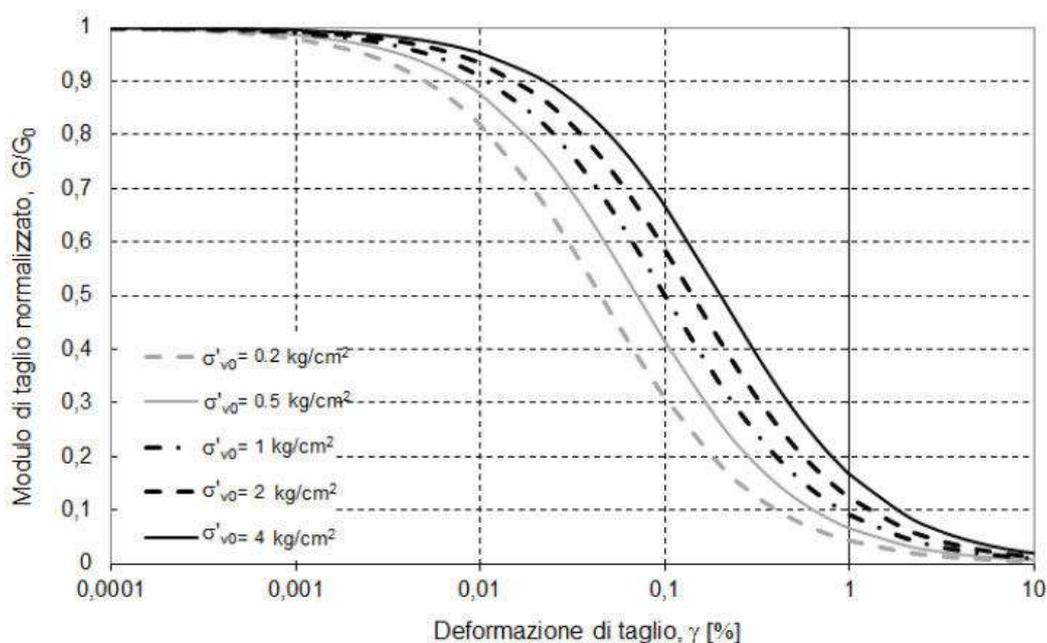


Figura 4 – Curve $G/G_0 - \gamma$ di letteratura per sabbie (AGI, 2005)

Per questa tipologia di calcolo si è considerata una profondità di posa delle fondazioni a m. -0,60 dall'attuale piano campagna e per una profondità massima di m. 9,00.

Valutazione cedimenti post-sismici in CPTI

STRATO CONSIDERATO COESIVO: da m. -0,50 a m. -9,00 (H tot. = 8,40 m)

Terreni coesivi

$$\varepsilon_v = 0,008093368$$

$$\Delta H = 0,008093 \times 840 \text{ cm} = 6,798 \text{ cm}$$

STRATO INCOERENTE SATURO con FL > 1

da m. -0,00 a m. -0,00 (H tot = 0,00 m)

Terreni granulari saturi

$$\varepsilon_v = 0,0196$$

$$\text{Ne consegue: } \Delta H = 0,0196 \times 000 \text{ cm} = \text{cm } 0,00$$

Cedimento totale post-sismico in CPTI

(calcolato da -0,50 a -9,00 m da p.c.) pari a 6,879 cm.

II) CONCLUSIONI

Dall'esposizione dei paragrafi precedenti risulta che inizialmente si ha terreno di riporto misto a vegetale con chiari apparati radicali.

Continuando la litologia riscontrata risulta formata da limi argillosi scarsamente addensati e dalle mediocri caratteristiche geotecniche.

Successivamente la sequenza stratigrafica riscontrata, individua la presenza di limi sabbioso fini poco addensati e dalle scarse discrete geotecniche.

Infine la sequenza litologica riscontrata risulta composta da sabbie medio fini a medio grosse dalle buone caratteristiche geotecniche.

Si evidenzia che dalla terebrazione di un pozzo limitrofo quest'ultima litologia risulta riscontrata fino alla profondità di m. 35.50.

Quindi, in base a queste considerazioni ed ai calcoli eseguiti, le portanze fondazione/terreno risultano così indicate per la verticale effettuata:

Carico ammissibile	=	1,65 Kg/cm ²	=	16,50 ton/m ²
Carico S.L.U. – App.II	=	0,72 Kg/cm ²	=	7,20 ton/m ²
Carico S.L.U. - Sismica	=	0,72 Kg/cm ²	=	7,20 ton/m ²
Carico di esercizio S.L.E	=	0,72 Kg/cm ²	=	7,20 ton/m ²

La fondazione diretta superficiale risulta individuata a ca. cm. -60 rispetto all'attuale piano cantiere, ovvero fino a riscontrare il terreno naturale sottostante il riporto.

I cedimenti calcolati sono risultati pari a cm. 2,649 in CPT1.

Cedimento verificato SLE secondo teoria della elasticità pari a cm. 3,39 ed ipotizzando una fondazione rigida.

Ced. Post sismici (D.g.r. 630/2019) pari a cm. 6,798 in CPT1.

Al termine della prova è stato misurato il livello della falda freatica pari a cm. -195 in CPT1 rispetto all'attuale p. cantiere. Comunque il livello della falda superficiale risulta soggetto sia alle variazioni meteoriche e sia al locale litotipo riscontrato.

Il modulo di reazione di Winkler risulta pari a 1.08 Kg/cm³. (secondo il metodo di Bowles), coefficiente di Poisson pari a 0.41, modulo elastico del terreno pari 41 Kg/cm².

Si evidenzia che qualora i dati sopra indicati non risultino accettabili in rapporto alla tipologia di manufatto in progetto, si dovranno individuare fondazioni profonde da realizzarsi con palificata o micropalificata.

Verifica agli Stati Limite di Esercizio (SLE) – (NTC 2018)

I valori di R_d (SLE) saranno espressi correlandoli con le valutazioni dei cedimenti indotti dalle resistenze in corrispondenza dei livelli individuati al di sotto del piano di posa delle fondazioni. Così operando verranno calcolati i valori degli spostamenti e delle distorsioni del terreno, sempre sotto il piano di posa, per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in progetto, nel rispetto della condizione:

$$C_d \geq E_d$$

dove:

E_d : valore di progetto dell'effetto delle azioni;

C_d : valore limite dell'effetto delle azioni.

L'applicazione di un carico produce una variazione dello stato tensionale del terreno; il carico applicato tende a diffondersi in profondità fino al suo completo assorbimento. I cedimenti sono causati dalla deformazione elastica e plastica dei terreni di fondazione: tale deformazione nei terreni a tessitura fine (argille e limi) si realizza in tempi molto lunghi con l'espulsione dell'acqua contenuta tra le varie particelle di terreno (consolidamento).

Il metodo utilizzato è quello di Boussinesq. Il cedimento calcolato è quello assoluto riferito al centro della fondazione considerata rigida, applicando un carico di esercizio ipotizzato pari a $0,72 \text{ kg/cm}^2$ (fondazione superficiale).

Sulla base di quanto sopra esposto, considerando un carico di esercizio rispettivamente pari a $E_{dSLE} = 0,72 \text{ kg/cm}^2$ il cedimento per la tipologia di fondazione considerata risulta compreso fra **2,649 cm** e **3,39 cm**.

Da sottolineare che l'entità dei cedimenti qui stimati dovrà essere confrontata con quelli che il progettista ritiene essere compatibili con la durabilità e l'esercizio dell'opera nelle diverse condizioni. Soluzioni o valutazioni per ipotesi di geometrie differenti, potranno essere predisposte su richiesta del progettista strutturale.

Si evidenzia come i cedimenti sopra ipotizzati vengano calcolati in base a parametri geotecnici dedotti dalla resistenza alla punta delle prove penetrometriche eseguite; tali valori, seppur indicativi, dovrebbero essere confrontati con moduli di deformazione ricavati da specifiche prove in sito per avere garanzia di maggiore validità.

Per quanto riguarda a_g , secondo il D.M. 17 gennaio 2018, il sito risulta individuato nella Classe **D** e con accelerazione orizzontale di picco pari a **0,157 g** (D.A.L. 112/2007), **0,156 g** (Spettri NTC ver. 1.0.3) e **0,1595 g** (D.M. 17/01/2018 con coordinate geografiche in CPT1); periodo di riferimento pari ad anni **50** di vita nominale, classe d'uso pari a **II** e probabilità di superamento pari al **10%**.

Categoria topografica individuata: T1;

SLC: g = 0,2131;

SLV: g = 0,1595;

SLD: g = 0,0569;

SLO: g = 0,0446.

F.A. = 1,75 (D.g.r. 2193/2015)

F.A. = 1,79 (spettri NTC ver. 1.0.3)

F.A. = 1,78 (D.M. 17/01/2018 con coordinate geografiche di CPT1)

I.L. = 0,0 (Indice Potenziale liquefazione basso) con **M = 6,14**, ag massima orizzontale in superficie pari a 0,2840 g e falda superficiale posta a m. -0,40 dall'attuale p.c.

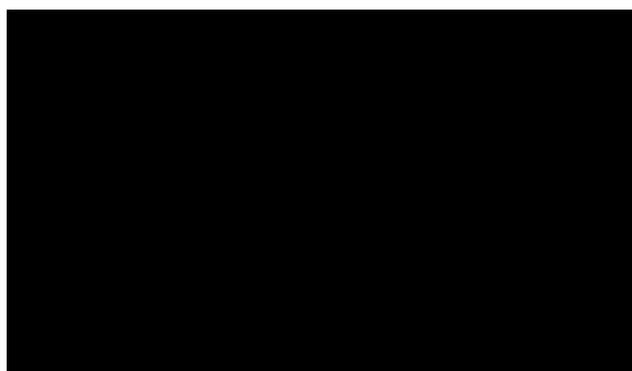
Il sito in esame non risulta compreso all'interno delle aree in cui sono stati osservati gravi effetti di liquefazione e perimetrato dalla Regione Emilia Romagna con Determinazione del Dirigente n. 12418 del 02 ottobre 2012.

Infine, nei par. di riferimento e tabelle allegate risulta meglio descritto quanto sopra riportato.

Qualora i dati costruttivi ipotizzati dovessero variare significativamente i parametri esposti dovranno essere riverificati.

Sermide, Marzo 2020

dott. geol. Marco Mantovani



CALCOLO CEDIMENTI – CPT1

Spess. cm.	Rp Kg/cm ²	ΔQ Kg/cm ²	MV 1/ ΔR_p	ΔH cm.
920	006	0,116	0,0228	2,433
220	016	0,077	0,0128	0,216

CEDIMENTO TOTALE cm. 2,649

Penetrometer Test n. 01

Qamm. = 0,72 Kg/cm²

D = -0.60 m. dall'attuale p. campagna

Fondazione platea

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12-46028 Sermide e Felonica (MN) -m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRIC S.R.L.

Località: Via G. Deledda - Stuffione di Ravarino (MO)

Data: marzo 2021

Riferimenti: area incolta

Riassunto del calcolo dei cedimenti

Fondazione n.

Verifica allo Stato Limite d'Esercizio

Larghezza della fondazione (m):	<input type="text" value="1,5"/>
Lunghezza della fondazione (m):	<input type="text" value="10"/>
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	<input type="text" value="0,72"/>

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	<input type="text" value="Teoria dell'elasticità"/>
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	<input type="text" value="30"/>
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	<input type="text" value="n.c."/>
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	<input type="text" value="n.c."/>

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Cedimento secondario (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Somma ced. incoerenti (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi:	<input type="text" value="Teoria dell'elasticità"/>
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	<input type="text" value="20"/>

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="33,9"/>	<input type="text" value="0"/>
Cedimento secondario (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Somma ced. coesivi (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="33,9"/>	<input type="text" value="0"/>

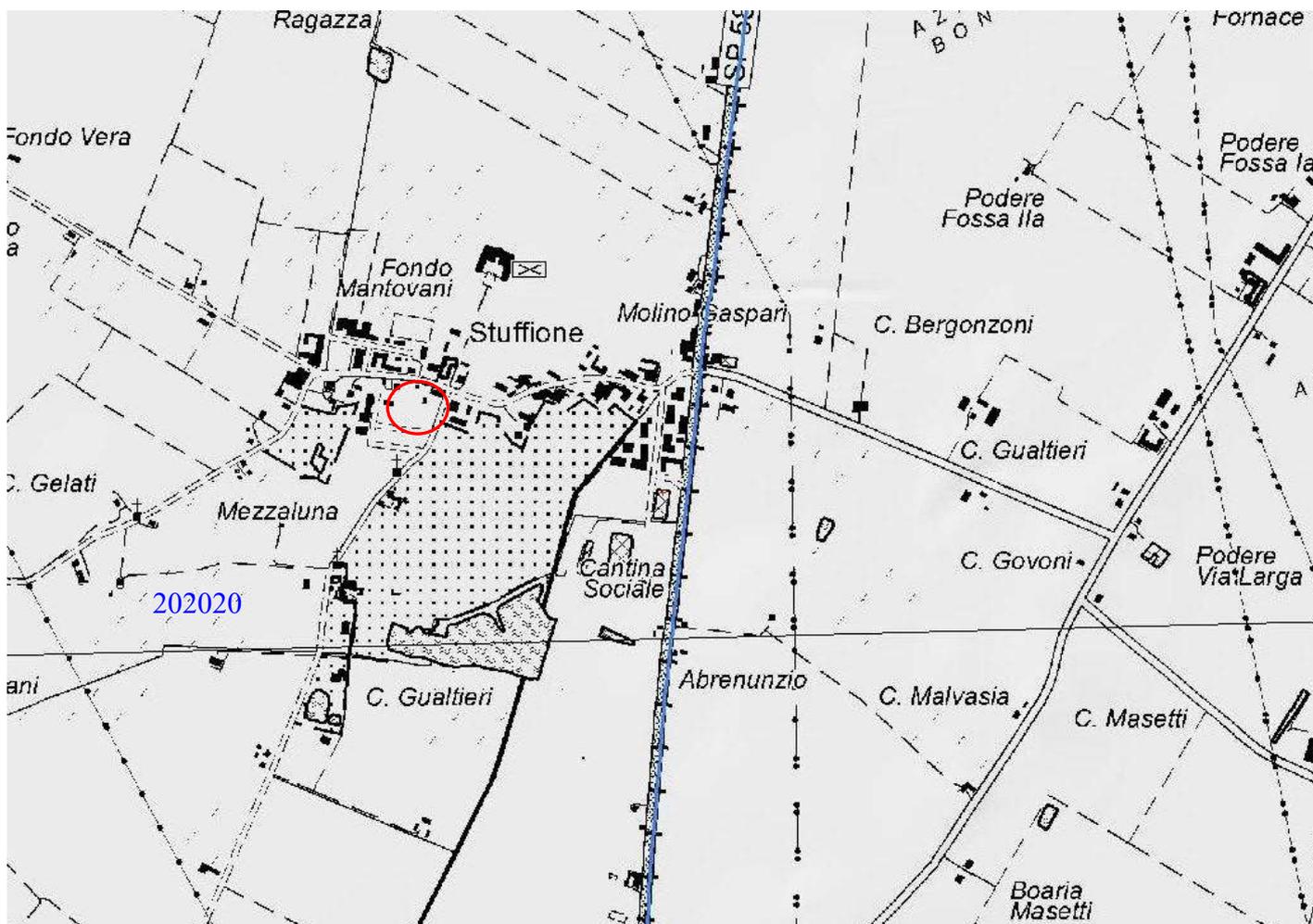
Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="33,9"/>	<input type="text" value="0"/>
Max cedim. differenziale(mm):	<input type="text" value="0"/>		
Massima distorsione (%):	<input type="text" value="0"/>		

Fondazione rigida o flessibile:

Verifica allo Stato Limite di Danno

Cedimento indotto dal sisma (mm):	<input type="text" value="0"/>
-----------------------------------	--------------------------------



STRALCIO C.T.R. Sezioni N° 202020 “CAMPOSANTO”
1:10.000



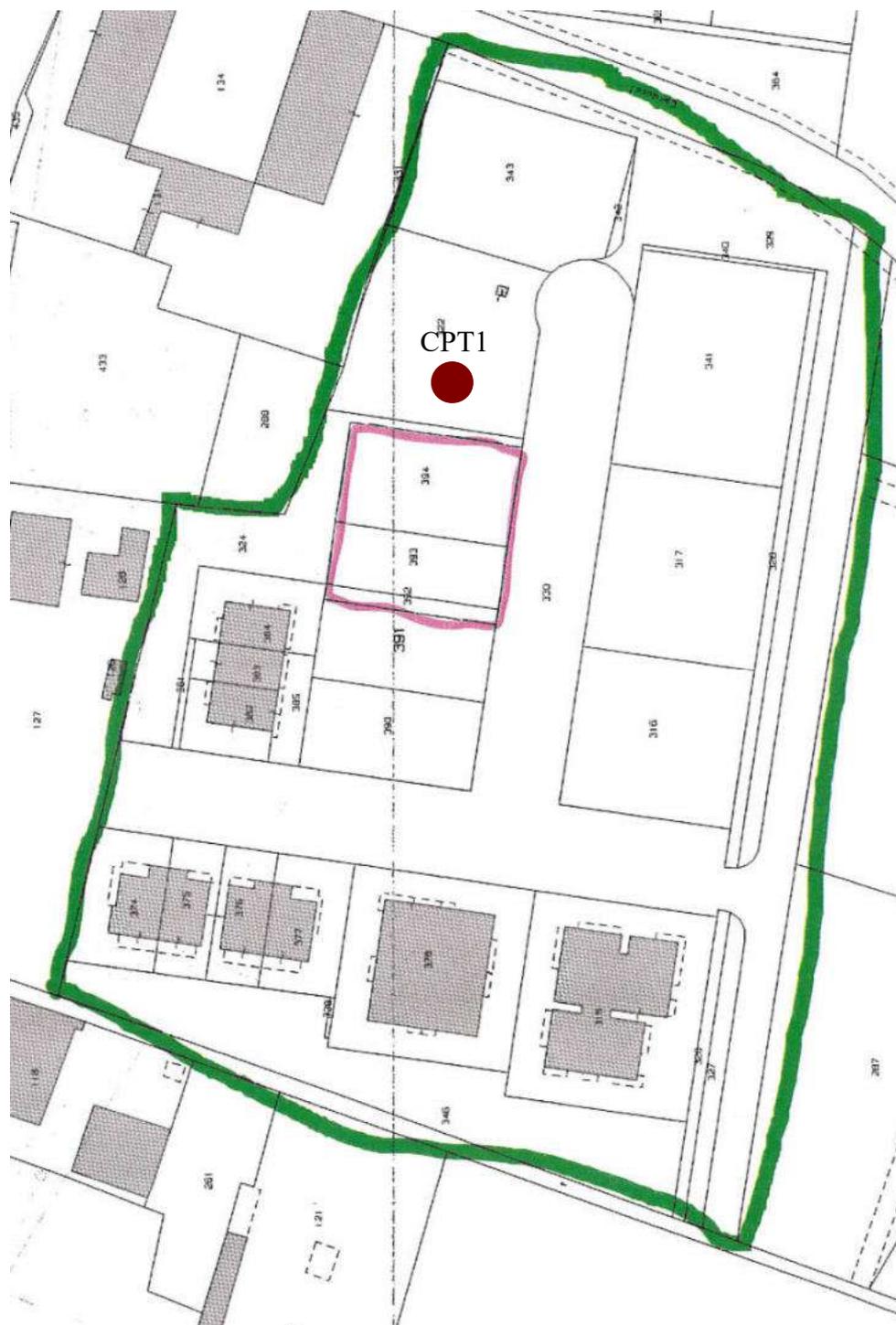
Area oggetto dello studio



Da Google Earth: panoramica dell'area oggetto dell'intervento



PROVA PENETROMETRICA STATICA



Estratto mappa catastale

● PROVA PENETROMETRICA STATICA (effettuata luglio 2012)

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12

46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRIC SRL

Attrezzatura: CPT 20 TON

Località: VIA G. DELEDDA - STUFFIONE DI RAVARINO

Data: LUGLIO 2012

Quota(m): p.c.

Sigla: ICICPT1

Note: AREA INCOLKTA

Tabulato della prova

<i>Prof. (m)</i>	<i>Rp (kg/cmq)</i>	<i>Rp+Rl (kg/cmq)</i>	<i>qc (kg/cmq)</i>	<i>fs (kg/cmq)</i>	<i>u (kg/cmq)</i>	<i>fs/qc%</i>
0,2	45	55	45	0,67		1,49
0,4	16	26	16	0,67		4,19
0,6	11	21	11	0,4		3,64
0,8	10	16	10	0,4		4
1	7	13	7	0,27		3,86
1,2	7	11	7	0,27		3,86
1,4	8	12	8	0,27		3,38
1,6	7	11	7	0,2		2,86
1,8	7	10	7	0,2		2,86
2	6	9	6	0,2		3,33
2,2	5	8	5	0,13		2,6
2,4	6	8	6	0,13		2,17
2,6	7	9	7	0,13		1,86
2,8	7	9	7	0,13		1,86
3	7	9	7	0,13		1,86
3,2	6	8	6	0,2		3,33
3,4	6	9	6	0,2		3,33
3,6	6	9	6	0,13		2,17
3,8	7	9	7	0,27		3,86
4	7	11	7	0,13		1,86
4,2	7	9	7	0,2		2,86
4,4	8	11	8	0,2		2,5
4,6	6	9	6	0,2		3,33
4,8	5	8	5	0,2		4
5	6	9	6	0,13		2,17
5,2	5	7	5	0,13		2,6
5,4	4	6	4	0,2		5
5,6	6	9	6	0,27		4,5
5,8	8	12	8	0,13		1,62
6	5	7	5	0,2		4
6,2	6	9	6	0,13		2,17
6,4	5	7	5	0,27		5,4
6,6	7	11	7	0,2		2,86
6,8	6	9	6	0,13		2,17
7	4	6	4	0,13		3,25
7,2	4	6	4	0,2		5
7,4	3	6	3	0,2		6,67
7,6	6	9	6	0,2		3,33
7,8	3	6	3	0,2		6,67
8	4	7	4	0,13		3,25
8,2	5	7	5	0,2		4
8,4	6	9	6	0,27		4,5
8,6	7	11	7	0,2		2,86
8,8	7	10	7	0,2		2,86
9	6	9	6	0,27		4,5
9,2	7	11	7	0,27		3,86

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12

46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	u (kg/cmq)	fs/qc%
9,4	8	12	8	0,4		5
9,6	8	14	8	0,47		5,87
9,8	9	16	9	0,6		6,67
10	11	20	11	0,73		6,64
10,2	16	27	16	0,53		3,31
10,4	13	21	13	0,47		3,62
10,6	14	21	14	1		7,14
10,8	17	32	17	1,13		6,65
11	17	34	17	1,47		8,65
11,2	18	40	18	1		5,56
11,4	17	32	17	1,13		6,65
11,6	21	38	21	0,67		3,19
11,8	11	21	11	0,8		7,27
12	24	36	24	0,6		2,5
12,2	23	32	23	0,8		3,48
12,4	22	34	22	0,73		3,32
12,6	23	34	23	0,73		3,17
12,8	13	24	13	0,93		7,15
13	19	33	19	0,8		4,21
13,2	22	34	22	0,73		3,32
13,4	21	32	21	0,67		3,19
13,6	14	24	14	0,67		4,79
13,8	10	20	10	0,73		7,3
14	17	28	17	0,73		4,29
14,2	21	32	21	0,4		1,9
14,4	18	24	18	0,67		3,72
14,6	19	29	19	0,93		4,89
14,8	22	36	22	0,53		2,41
15	16	24	16	0,6		3,75
15,2	17	26	17	0,6		3,53
15,4	16	25	16	0,6		3,75
15,6	14	23	14	0,6		4,29
15,8	16	25	16	0,47		2,94
16	14	21	14	0,47		3,36
16,2	13	20	13	0,53		4,08
16,4	14	22	14	0,67		4,79
16,6	11	21	11	1,27		11,55
16,8	33	52	33	1,27		3,85
17	31	50	31	1,47		4,74
17,2	34	56	34	1,2		3,53
17,4	23	41	23	0,93		4,04
17,6	18	32	18	1,13		6,28
17,8	25	42	25	1,07		4,28
18	31	47	31	1,47		4,74
18,2	30	52	30	1,27		4,23
18,4	33	52	33	1,6		4,85
18,6	32	56	32	1,27		3,97
18,8	24	43	24	1,6		6,67
19	27	51	27	1,73		6,41
19,2	23	49	23	1,27		5,52
19,4	22	41	22	1,47		6,68
19,6	37	59	37	1,4		3,78
19,8	42	63	42	1,73		4,12
20	38	64	38	1,53		4,03
20,2	45	68	45	1,53		3,4
20,4	61	84	61	1,6		2,62
20,6	55	79	55	1,4		2,55

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12

46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	u (kg/cmq)	fs/qc%
20,8	63	84	63	1,27		2,02
21	67	86	67	1,53		2,28
21,2	55	78	55	1,53		2,78
21,4	57	80	57	1,73		3,04
21,6	58	84	58	2,13		3,67
21,8	61	93	61	2,27		3,72
22	74	108	74	2,2		2,97
22,2	65	98	65	3,2		4,92
22,4	90	138	90	3,33		3,7
22,6	85	135	85	3,6		4,24
22,8	84	138	84	2,67		3,18
23	95	135	95	2,73		2,87
23,2	94	135	94	3,2		3,4
23,4	90	138	90	3,47		3,86
23,6	84	136	84	3,47		4,13
23,8	87	139	87	1,47		1,69
24	63	85	63	1,8		2,86
24,2	59	86	59	1,4		2,37
24,4	65	86	65	1,67		2,57
24,6	67	92	67	1,8		2,69
24,8	64	91	64	2		3,13
25	62	92	62	1,53		2,47
25,2	69	92	69	1		1,45
25,4	78	93	78	2,4		3,08
25,6	84	120	84	2		2,38
25,8	94	124	94	1,8		1,91
26	88	115	88	2,33		2,65
26,2	96	131	96	2,47		2,57
26,4	98	135	98	2,47		2,52
26,6	105	142	105	2,27		2,16
26,8	91	125	91	2,27		2,49
27	94	128	94	1,47		1,56
27,2	124	146	124	1,53		1,23
27,4	95	118	95	1,6		1,68
27,6	84	108	84	2,47		2,94
27,8	108	145	108	2,27		2,1
28	95	129	95	1,67		1,76
28,2	87	112	87	2,27		2,61
28,4	95	129	95	2,27		2,39
28,6	104	138	104	2,4		2,31
28,8	98	134	98	2,67		2,72
29	114	154	114	2,73		2,39
29,2	112	153	112	1,2		1,07
29,4	108	126	108	2,13		1,97
29,6	102	134	102	1,33		1,3
29,8	86	106	86	2,73		3,17
30	123	164	123	2,07		1,68
30,2	125	156	125	2,2		1,76
30,4	121	154	121	1,6		1,32
30,6	94	118	94	1,6		1,7

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRIC SRL

Località: VIA G. DELEDDA - STUFFIONE DI RAVARINO

Data: LUGLIO 2012

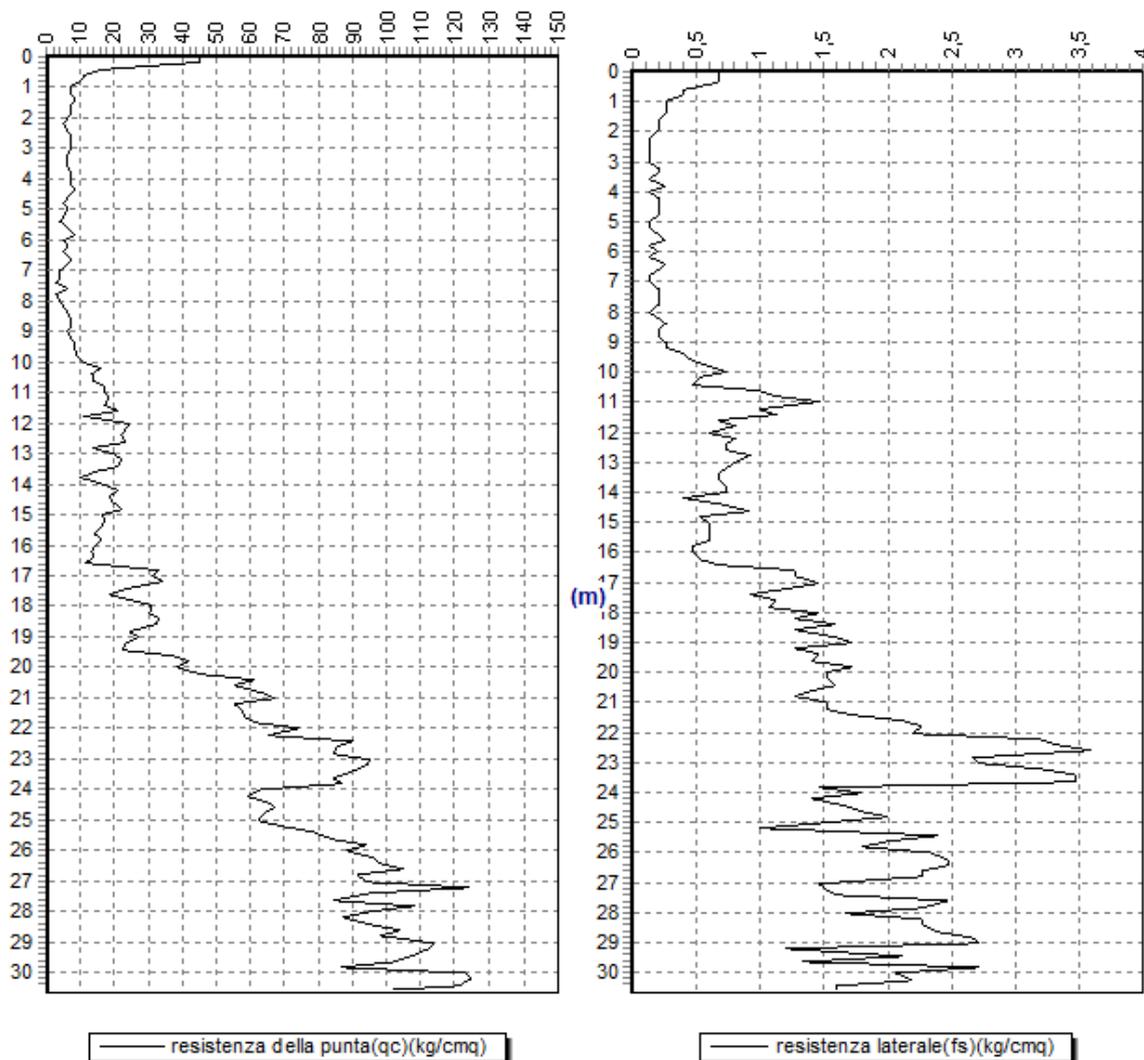
Attrezzatura: CPT 20 TON

Note: AREA INCOLKTA

Quota(m): p.c.

Sigla: IC\CPT1

Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): 3,05

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRIC SRL

Attrezzatura: CPT 20 TON

Località: VIA G. DELEDDA - STUFFIONE DI RAVARINO

Data: LUGLIO 2012

Quota(m): p.c.

Sigla: IC/CPT1

Note: A REA INCOLKTA

Stratigrafia

qc = resistenza alla punta fs = attrito laterale specifico

<i>Lunghezza della prova (m):</i> 30,6	<i>Profondità di partenza (m):</i> 0,2
<i>Profondità della falda (m):</i> 3,05	<i>Passo di lettura (cm):</i> 20
<i>Area della punta (cmq):</i> 10	<i>Area del manicotto (cmq):</i> 150
<i>Costante strumentale:</i> 10	<i>Tipo di penetrometro:</i> a punta meccanica
<i>Fattore a (piezocono):</i> 0,5	<i>Fattore b (piezocono):</i> 0,00726

Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Descrizione litologica
0,2	45	0,67	Sabbia mediamente addensata
0,4	16	0,67	Argilla sabbiosa o limosa
0,6	11	0,4	Argilla sabbiosa o limosa
0,8	10	0,4	Argilla inorganica med.consistente
1	7	0,27	Argilla inorganica med.consistente
1,2	7	0,27	Argilla inorganica med.consistente
1,4	8	0,27	Argilla sabbiosa o limosa
1,6	7	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
1,8	7	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
2	6	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
2,2	5	0,13	Sabbia e limo
2,4	6	0,13	Sabbia e limo
2,6	7	0,13	Sabbia sciolta
2,8	7	0,13	Sabbia sciolta
3	7	0,13	Sabbia sciolta
3,2	6	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
3,4	6	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
3,6	6	0,13	Sabbia e limo
3,8	7	0,27	Argilla inorganica med.consistente
4	7	0,13	Sabbia sciolta
4,2	7	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
4,4	8	0,2	Sabbia e limo
4,6	6	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
4,8	5	0,2	Argilla inorganica molle
5	6	0,13	Sabbia e limo

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Descrizione litologica
5,2	5	0,13	Sabbia e limo
5,4	4	0,2	Argilla organica
5,6	6	0,27	Argilla inorganica med.consistente
5,8	8	0,13	Sabbia sciolta
6	5	0,2	Argilla inorganica molle
6,2	6	0,13	Sabbia e limo
6,4	5	0,27	Argilla organica
6,6	7	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
6,8	6	0,13	Sabbia e limo
7	4	0,13	Argilla inorganica molle
7,2	4	0,2	Argilla organica
7,4	3	0,2	Argilla organica
7,6	6	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
7,8	3	0,2	Argilla organica
8	4	0,13	Argilla inorganica molle
8,2	5	0,2	Argilla inorganica molle
8,4	6	0,27	Argilla inorganica med.consistente
8,6	7	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
8,8	7	0,2	Argilla sabbiosa o limosa
9	6	0,27	Argilla inorganica med.consistente
9,2	7	0,27	Argilla inorganica med.consistente
9,4	8	0,4	Argilla inorganica med.consistente
9,6	8	0,47	Argilla organica
9,8	9	0,6	Argilla organica
10	11	0,73	Argilla organica
10,2	16	0,53	Argilla sabbiosa o limosa
10,4	13	0,47	Argilla sabbiosa o limosa
10,6	14	1	Argilla organica
10,8	17	1,13	Argilla organica
11	17	1,47	Argilla organica
11,2	18	1	Argilla inorganica consistente
11,4	17	1,13	Argilla organica
11,6	21	0,67	Sabbia e limo
11,8	11	0,8	Argilla organica
12	24	0,6	Sabbia e limo
12,2	23	0,8	Argilla sabbiosa o limosa
12,4	22	0,73	Argilla sabbiosa o limosa
12,6	23	0,73	Sabbia e limo
12,8	13	0,93	Argilla organica
13	19	0,8	Argilla sabbiosa o limosa
13,2	22	0,73	Argilla sabbiosa o limosa
13,4	21	0,67	Sabbia e limo
13,6	14	0,67	Argilla inorganica consistente
13,8	10	0,73	Argilla organica
14	17	0,73	Argilla sabbiosa o limosa
14,2	21	0,4	Sabbia mediamente addensata
14,4	18	0,67	Argilla sabbiosa o limosa
14,6	19	0,93	Argilla inorganica consistente
14,8	22	0,53	Sabbia e limo
15	16	0,6	Argilla sabbiosa o limosa

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12

46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. (m)	qc (kg/cm ^q)	fs (kg/cm ^q)	Descrizione litologica
15,2	17	0,6	Argilla sabbiosa o limosa
15,4	16	0,6	Argilla sabbiosa o limosa
15,6	14	0,6	Argilla sabbiosa o limosa
15,8	16	0,47	Sabbia e limo
16	14	0,47	Argilla sabbiosa o limosa
16,2	13	0,53	Argilla sabbiosa o limosa
16,4	14	0,67	Argilla inorganica consistente
16,6	11	1,27	Argilla organica
16,8	33	1,27	Argilla sabbiosa o limosa
17	31	1,47	Argilla sabbiosa o limosa
17,2	34	1,2	Argilla sabbiosa o limosa
17,4	23	0,93	Argilla sabbiosa o limosa
17,6	18	1,13	Argilla inorganica molto consistente
17,8	25	1,07	Argilla sabbiosa o limosa
18	31	1,47	Argilla sabbiosa o limosa
18,2	30	1,27	Argilla sabbiosa o limosa
18,4	33	1,6	Argilla sabbiosa o limosa
18,6	32	1,27	Argilla sabbiosa o limosa
18,8	24	1,6	Argilla inorganica molto consistente
19	27	1,73	Argilla inorganica molto consistente
19,2	23	1,27	Argilla inorganica molto consistente
19,4	22	1,47	Argilla inorganica molto consistente
19,6	37	1,4	Argilla sabbiosa o limosa
19,8	42	1,73	Argilla sabbiosa o limosa
20	38	1,53	Argilla sabbiosa o limosa
20,2	45	1,53	Sabbia e limo
20,4	61	1,6	Sabbia e limo
20,6	55	1,4	Sabbia e limo
20,8	63	1,27	Sabbia mediamente addensata
21	67	1,53	Sabbia e limo
21,2	55	1,53	Sabbia e limo
21,4	57	1,73	Sabbia e limo
21,6	58	2,13	Sabbia e limo
21,8	61	2,27	Argilla sabbiosa o limosa
22	74	2,2	Sabbia e limo
22,2	65	3,2	Argilla sabbiosa o limosa
22,4	90	3,33	Sabbia e limo
22,6	85	3,6	Argilla sabbiosa o limosa
22,8	84	2,67	Sabbia e limo
23	95	2,73	Sabbia e limo
23,2	94	3,2	Sabbia e limo
23,4	90	3,47	Sabbia e limo
23,6	84	3,47	Argilla sabbiosa o limosa
23,8	87	1,47	Sabbia mediamente addensata
24	63	1,8	Sabbia e limo
24,2	59	1,4	Sabbia e limo
24,4	65	1,67	Sabbia e limo
24,6	67	1,8	Sabbia e limo
24,8	64	2	Sabbia e limo
25	62	1,53	Sabbia e limo

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12

46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

<i>Prof. (m)</i>	<i>qc (kg/cmq)</i>	<i>fs (kg/cmq)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
25,2	69	1	Sabbia mediamente addensata
25,4	78	2,4	Sabbia e limo
25,6	84	2	Sabbia e limo
25,8	94	1,8	Sabbia mediamente addensata
26	88	2,33	Sabbia e limo
26,2	96	2,47	Sabbia e limo
26,4	98	2,47	Sabbia e limo
26,6	105	2,27	Sabbia e limo
26,8	91	2,27	Sabbia e limo
27	94	1,47	Sabbia mediamente addensata
27,2	124	1,53	Sabbia addensata
27,4	95	1,6	Sabbia mediamente addensata
27,6	84	2,47	Sabbia e limo
27,8	108	2,27	Sabbia e limo
28	95	1,67	Sabbia mediamente addensata
28,2	87	2,27	Sabbia e limo
28,4	95	2,27	Sabbia e limo
28,6	104	2,4	Sabbia e limo
28,8	98	2,67	Sabbia e limo
29	114	2,73	Sabbia e limo
29,2	112	1,2	Sabbia addensata
29,4	108	2,13	Sabbia addensata
29,6	102	1,33	Sabbia addensata
29,8	86	2,73	Sabbia e limo
30	123	2,07	Sabbia addensata
30,2	125	2,2	Sabbia addensata
30,4	121	1,6	Sabbia addensata
30,6	94	1,6	Sabbia mediamente addensata

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Committente: INCO ENRICH SRL	Attrezzatura: CPT 20 TON
Località: VIA G. DELEDDA - STUFFIONE DI RAVARINO	Data: LUGLIO 2012
Note: AREA INCOLKTA	Quota(m): p.c.
	Sigla: IC/CPT1

Parametri geotecnici

Prof. base (m)	k (m/s)	Cc	Phi (°)	gamma (t/mc)	Dr %	Ey (kg/cmq)	Cu (kg/cmq)	Ed co. (kg/cmq)	O. C. R.	G0 (kg/cmq)	Ed in. (kg/cmq)	s' (kg/cmq)
0,2	3,5E-5		34	2,16	85	113				287	69	0,02
0,4	1,1E-9	0,01		1,95			0,81	56	2,25	152		0,06
0,6	9,6E-9	0,03		1,87			0,55	39	0,8	121		0,1
0,8	2,4E-9	0,04		1,88			0,58	35	0,6	114		0,14
1	4,2E-9	0,06		1,79			0,4	25	0,29	92		0,18
1,2	4,2E-9	0,06		1,79			0,4	25	0,24	92		0,21
1,4	2,6E-8	0,06		1,79			0,39	28	0,21	100		0,25
1,6	1,9E-7	0,07		1,76			0,34	25	0,16	92		0,28
1,8	1,9E-7	0,07		1,76			0,34	25	0,15	92		0,32
2	3,1E-8	0,08		1,72			0,28	30	0,12	84		0,35
2,2	5,1E-7		24	1,73	15	13				75	17	0,39
2,4	2,7E-6		25	1,73	15	15				84	17	0,42
2,6	8,6E-6		26	1,73	15	18				92	17	0,46
2,8	8,6E-6		26	1,73	15	18				92	18	0,49
3	8,6E-6		26	1,73	15	18				92	18	0,53
3,2	3,1E-8	0,09		1,71			0,28	30	0,14	84		0,55

Profondità della falda (m): 3,05

LEGENDA: k=permeabilità; Cc=indice di consolidazione; Phi=angolo di resistenza al taglio; gamma=peso di volume naturale; Dr=densità relativa; Ey=modulo di Young; OCR=rapporto di sovraconsolidazione; G0=modulo di taglio per basse deformazioni; Ed=modulo edometrico; s'=pressione efficace a metà strato.

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. base (m)	k (m/s)	Cc	Phi (°)	gamma (t/mc)	Dr %	Ey (kg/cmq)	Cu (kg/cmq)	Ed co. (kg/cmq)	O. C. R.	G0 (kg/cmq)	Ed in. (kg/cmq)	s' (kg/cmq)
3,4	3,1E-8	0,09		1,71			0,27	30	0,17	84		0,57
3,6	2,7E-6		25	1,94	15	15				84	19	0,59
3,8	4,2E-9	0,09		1,78			0,37	25	0,41	92		0,6
4	8,6E-6		26	1,94	15	18				92	19	0,62
4,2	1,9E-7	0,09		1,75			0,32	25	0,26	92		0,64
4,4	7,4E-7		26	1,94	15	20				100	20	0,65
4,6	3,1E-8	0,1		1,71			0,27	30	0,76	84		0,67
4,8	2,5E-9	0,1		1,69			0,25	25	1,62	75		0,68
5	2,7E-6		25	1,94	15	15				84	20	0,7
5,2	5,1E-7		24	1,94	15	13				75	20	0,72
5,4	5,4E-11	0,11		1,63			0,19	20	1,05	65		0,73
5,6	3,6E-10	0,09		1,74			0,31	30	1,86	84		0,75
5,8	2,1E-5		26	1,94	15	20				100	21	0,77
6	2,5E-9	0,1		1,69			0,25	25	1,34	75		0,78
6,2	2,7E-6		25	1,94	15	15				84	21	0,8
6,4	1,2E-11	0,1		1,69			0,25	25	1,26	75		0,81
6,6	1,9E-7	0,1		1,74			0,31	25	1,67	92		0,83
6,8	2,7E-6		25	1,94	15	15				84	22	0,85
7	4,3E-8	0,11		1,62			0,18	20	0,82	65		0,86
7,2	5,4E-11	0,11		1,62			0,18	20	0,8	65		0,87
7,4	9,2E-14	0,12		1,53			0,12	15	0,48	55		0,88
7,6	3,1E-8	0,1		1,7			0,26	30	1,19	84		0,9
7,8	9,2E-14	0,12		1,53			0,12	15	0,46	55		0,91
8	4,3E-8	0,11		1,62			0,18	20	0,74	65		0,92

Profondità della falda (m): 3,05

LEGENDA: k=permeabilità; Cc=indice di consolidazione; Phi=angolo di resistenza al taglio; gamma=peso di volume naturale; Dr=densità relativa; Ey=modulo di Young; OCR=rapporto di sovraconsolidazione; G0=modulo di taglio per basse deformazioni; Ed=modulo edometrico; s'=pressione efficace a metà strato.

DOSS. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. base (m)	k (m/s)	Cc	Phi (°)	gamma (t/mc)	Dr %	Ey (kg/cmqa)	Cu (kg/cmqa)	Ed co. (kg/cmqa)	O. C. R.	G0 (kg/cmqa)	Ed in. (kg/cmqa)	s' (kg/cmqa)
8,2	2,5E-9	0,11		1,68			0,24	25	1,02	75		0,93
8,4	3,6E-10	0,1		1,73			0,29	30	1,31	84		0,95
8,6	1,9E-7	0,1		1,73			0,31	25	1,34	92		0,96
8,8	1,9E-7	0,1		1,73			0,3	25	1,31	92		0,98
9	3,6E-10	0,1		1,73			0,29	30	1,23	84		0,99
9,2	4,2E-9	0,1		1,77			0,35	25	1,51	92		1,01
9,4	5,2E-11	0,1		1,8			0,41	28	1,79	100		1,02
9,6	1,8E-12	0,1		1,8			0,41	28	1,75	100		1,04
9,8	7,8E-14	0,09		1,83			0,47	32	2,03	107		1,05
10	8,3E-14	0,09		1,88			0,58	39	2,83	121		1,07
10,2	3,3E-8	0,08		1,94			0,75	56	3,56	152		1,09
10,4	1E-8	0,09		1,89			0,6	46	2,63	134		1,11
10,6	9,9E-15	0,08		1,94			0,75	49	3,42	140		1,13
10,8	6,7E-14	0,08		1,98			0,93	60	4,34	158		1,15
11	1,6E-17	0,08		1,98			0,93	60	4,24	158		1,17
11,2	5,2E-12	0,08		2			0,98	63	4,48	164		1,19
11,4	6,7E-14	0,08		1,98			0,92	60	4,06	158		1,2
11,6	5,2E-8		31	1,94	15	53				180	27	1,22
11,8	6,6E-15	0,09		1,87			0,57	39	2,14	121		1,24
12	7,3E-7		31	1,95	17	60				195	29	1,26
12,2	1,7E-8	0,08		2,02			1,1	39	4,66	190		1,28
12,4	3,2E-8	0,08		2,01			1,04	37	4,3	185		1,3
12,6	5,5E-8		31	1,94	15	58				190	28	1,32
12,8	9,8E-15	0,09		1,91			0,68	46	2,44	134		1,34

Profondità della falda (m): 3,05

LEGENDA: k=permeabilità; Cc=indice di consolidazione; Phi=angolo di resistenza al taglio; gamma=peso di volume naturale; Dr=densità relativa; Ey=modulo di Young; OCR=rapporto di sovraconsolidazione; G0=modulo di taglio per basse deformazioni; Ed=modulo edometrico; s'=pressione efficace a metà strato.

DOSS. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. base (m)	k (m/s)	Cc	Phi (°)	gamma (t/mc)	Dr %	Ey (kg/cmqa)	Cu (kg/cmqa)	Ed co. (kg/cmqa)	O. C. R.	G0 (kg/cmqa)	Ed in. (kg/cmqa)	s' (kg/cmqa)
13	1E-9	0,08		1,97			0,89	67	3,34	169		1,36
13,2	3,2E-8	0,08		2,01			1,04	37	3,99	185		1,38
13,4	5,2E-8		31	1,94	15	53				180	29	1,4
13,6	1,1E-10	0,09		1,93			0,74	49	2,5	140		1,42
13,8	6,1E-15	0,1		1,85			0,5	35	1,52	114		1,43
14	7,4E-10	0,09		1,95			0,79	60	2,62	158		1,45
14,2	7,1E-6		31	1,94	15	53				180	30	1,47
14,4	6,8E-9	0,09		1,96			0,83	63	2,74	164		1,49
14,6	7E-11	0,08		2,01			1,02	67	3,48	169		1,51
14,8	1E-6		31	1,94	15	55				185	31	1,53
15	6,1E-9	0,09		1,93			0,73	56	2,21	152		1,55
15,2	1,4E-8	0,09		1,94			0,78	60	2,36	158		1,57
15,4	6,1E-9	0,09		1,93			0,73	56	2,14	152		1,58
15,6	7,8E-10	0,1		1,9			0,63	49	1,75	140		1,6
15,8	1,4E-7		29	1,94	15	40				152	31	1,62
16	2,8E-8	0,1		1,89			0,62	49	1,69	140		1,64
16,2	1,8E-9	0,1		1,88			0,57	46	1,5	134		1,66
16,4	1,1E-10	0,09		1,93			0,72	49	1,97	140		1,68
16,6	1,1E-22	0,1		1,86			0,54	39	1,37	121		1,69
16,8	3,9E-9	0,08		2,1			1,58	56	5,11	237		1,71
17	1,1E-10	0,08		2,09			1,48	53	4,63	228		1,73
17,2	1,4E-8	0,08		2,11			1,63	58	5,15	241		1,76
17,4	1,9E-9	0,09		2,02			1,07	39	3,01	190		1,78
17,6	2,9E-13	0,09		1,99			0,95	63	2,54	164		1,8

Profondità della falda (m): 3,05

LEGENDA: k=permeabilità; Cc=indice di consolidazione; Phi=angolo di resistenza al taglio; gamma=peso di volume naturale; Dr=densità relativa; Ey=modulo di Young; OCR=rapporto di sovraconsolidazione; G0=modulo di taglio per basse deformazioni; Ed=modulo edometrico; s'=pressione efficace a metà strato.

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. base (m)	k (m/s)	Cc	Phi (°)	gamma (t/mc)	Dr %	Ey (kg/cmq)	Cu (kg/cmq)	Ed co. (kg/cmq)	O. C. R.	G0 (kg/cmq)	Ed in. (kg/cmq)	s' (kg/cmq)
17,8	7,5E-10	0,08		2,04			1,17	43	3,26	200		1,82
18	1,1E-10	0,08		2,09			1,47	53	4,29	228		1,84
18,2	8,7E-10	0,08		2,08			1,42	51	4,04	224		1,86
18,4	7,4E-11	0,08		2,1			1,57	56	4,51	237		1,88
18,6	2,4E-9	0,08		2,09			1,52	54	4,27	233		1,9
18,8	5,1E-14	0,08		2,06			1,29	41	3,43	195		1,93
19	1,4E-13	0,08		2,09			1,47	46	3,96	210		1,95
19,2	5,5E-12	0,08		2,05			1,23	39	3,14	190		1,97
19,4	5,1E-14	0,09		2,04			1,17	37	2,91	185		1,99
19,6	4,9E-9	0,08		2,13			1,77	63	4,81	254		2,01
19,8	1,3E-9	0,07		2,16			2,02	71	5,6	275		2,03
20	1,9E-9	0,08		2,13			1,82	65	4,84	258		2,06
20,2	2,2E-8		34	1,99	27	113				287	47	2,08
20,4	4,4E-7		35	2,03	37	153				345	56	2,1
20,6	6E-7		35	2,01	33	138				324	53	2,12
20,8	4,6E-6		36	2,03	38	158				352	57	2,14
21	1,6E-6		36	2,04	40	168				366	59	2,16
21,2	2,4E-7		35	2,01	33	138				324	54	2,18
21,4	8,9E-8		35	2,01	34	143				331	55	2,2
21,6	7,1E-9		35	2,01	34	145				335	55	2,22
21,8	5,8E-9	0,07		2,24			2,97	104	8,02	345		2,24
22	1,1E-7		36	2,05	42	185				388	62	2,27
22,2	4E-11	0,07		2,26			3,17	111	8,48	359		2,29
22,4	5,7E-9		37	2,07	48	225				438	68	2,31

Profondità della falda (m): 3,05

LEGENDA: k=permeabilità; Cc=indice di consolidazione; Phi=angolo di resistenza al taglio; gamma=peso di volume naturale; Dr=densità relativa; Ey=modulo di Young; OCR=rapporto di sovraconsolidazione; G0=modulo di taglio per basse deformazioni; Ed=modulo edometrico; s'=pressione efficace a metà strato.

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
46028 Sermide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. base (m)	k (m/s)	Cc	Phi (°)	gamma (t/mc)	Dr %	Ey (kg/cmq)	Cu (kg/cmq)	Ed co. (kg/cmq)	O. C. R.	G0 (kg/cmq)	Ed in. (kg/cmq)	s' (kg/cmq)
22,6	6,3E-10	0,06		2,32			4,18	145	11,68	423		2,34
22,8	4,8E-8		37	2,06	45	210				420	66	2,36
23	1,6E-7		37	2,08	49	238				452	70	2,38
23,2	1,9E-8		37	2,08	49	235				450	70	2,4
23,4	3E-9		37	2,07	47	225				438	69	2,43
23,6	9,8E-10	0,06		2,32			4,12	143	10,83	420		2,45
23,8	1,6E-5		37	2,06	45	218				429	68	2,47
24	1,8E-7		36	2,01	34	158				352	58	2,49
24,2	1,2E-6		35	2	32	148				338	57	2,51
24,4	5,4E-7		36	2,02	35	163				359	60	2,53
24,6	3,4E-7		36	2,02	36	168				366	61	2,55
24,8	6,1E-8		36	2,01	34	160				355	59	2,57
25	8E-7		36	2,01	33	155				349	59	2,6
25,2	4E-5		36	2,02	36	173				372	62	2,62
25,4	7,2E-8		37	2,04	40	195				401	65	2,64
25,6	1,1E-6		37	2,05	43	210				420	68	2,66
25,8	6,7E-6		37	2,06	46	235				450	71	2,68
26	3,9E-7		37	2,05	44	220				432	70	2,7
26,2	5,2E-7		37	2,07	47	240				455	72	2,72
26,4	6,3E-7		38	2,07	47	245				461	73	2,74
26,6	2,6E-6		38	2,08	49	263				481	75	2,76
26,8	7,1E-7		37	2,05	44	228				441	71	2,78
27	2,6E-5		37	2,06	45	235				450	72	2,81
27,2	9,1E-5		39	2,1	54	310				532	80	2,83

Profondità della falda (m): 3,05

LEGENDA: k=permeabilità; Cc=indice di consolidazione; Phi=angolo di resistenza al taglio; gamma=peso di volume naturale; Dr=densità relativa; Ey=modulo di Young; OCR=rapporto di sovraconsolidazione; G0=modulo di taglio per basse deformazioni; Ed=modulo edometrico; s'=pressione efficace a metà strato.

DOTT. GEOL. MARCO MANTOVANI

Viale Della Rinascita, 12
 46028 Semide e Felonica (MN)- m.mantovani5@virgilio.it

Prof. base (m)	k (m/s)	Cc	Phi (°)	gamma (t/mc)	Dr %	Ey (kg/cmq)	Cu (kg/cmq)	Ed co. (kg/cmq)	O. C. R.	G0 (kg/cmq)	Ed in. (kg/cmq)	s' (kg/cmq)
27,4	1,6E-5		37	2,06	45	238				452	72	2,85
27,6	1,2E-7		37	2,04	41	210				420	69	2,87
27,8	3,2E-6		38	2,08	49	270				489	76	2,89
28	1,2E-5		37	2,06	45	238				452	73	2,91
28,2	4,5E-7		37	2,04	41	218				429	70	2,93
28,4	1,1E-6		37	2,05	44	238				452	73	2,95
28,6	1,4E-6		38	2,07	47	260				478	76	2,98
28,8	2,8E-7		38	2,06	45	245				461	74	3
29	1E-6		38	2,08	50	285				506	79	3,02
29,2	0,00017		38	2,08	49	280				500	78	3,04
29,4	5,3E-6		38	2,07	48	270				489	78	3,06
29,6	7E-5		38	2,06	46	255				473	76	3,08
29,8	4,8E-8		37	2,04	40	215				426	71	3,1
30	1,6E-5		39	2,09	52	308				530	82	3,12
30,2	1,2E-5		39	2,09	52	313				535	82	3,15
30,4	6,5E-5		39	2,09	51	303				524	82	3,17
30,6	1,5E-5		37	2,05	42	235				450	74	3,19

Profondità della falda (m): 3,05

LEGENDA: k=permeabilità; Cc=indice di consolidazione; Phi=angolo di resistenza al taglio; gamma=peso di volume naturale; Dr=densità relativa; Ey=modulo di Young; OCR=rapporto di sovraconsolidazione; G0=modulo di taglio per basse deformazioni; Ed=modulo edometrico; s'=pressione efficace a metà strato.

Profilo del terreno da CPT					
N.	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc)
1	0	0,2	4,41	65,73	21,19
2	0,2	0,4	1,57	65,73	19,13
3	0,4	0,6	1,08	39,24	18,34
4	0,6	0,8	0,98	39,24	18,44
5	0,8	1,0	0,69	26,49	17,56
6	1,0	1,2	0,69	26,49	17,56
7	1,2	1,4	0,78	26,49	17,56
8	1,4	1,6	0,69	19,62	17,27
9	1,6	1,8	0,69	19,62	17,27
10	1,8	2,0	0,59	19,62	16,87
11	2,0	2,2	0,49	12,75	16,97
12	2,2	2,4	0,59	12,75	16,97
13	2,4	2,6	0,69	12,75	16,97
14	2,6	2,8	0,69	12,75	16,97
15	2,8	3,0	0,69	12,75	16,97
16	3,0	3,2	0,59	19,62	16,78
17	3,2	3,4	0,59	19,62	16,78
18	3,4	3,6	0,59	12,75	19,03
19	3,6	3,8	0,69	26,49	17,46
20	3,8	4,0	0,69	12,75	19,03
21	4,0	4,2	0,69	19,62	17,17
22	4,2	4,4	0,78	19,62	19,03
23	4,4	4,6	0,59	19,62	16,78
24	4,6	4,8	0,49	19,62	16,58
25	4,8	5,0	0,59	12,75	19,03
26	5,0	5,2	0,49	12,75	19,03
27	5,2	5,4	0,39	19,62	15,99
28	5,4	5,6	0,59	26,49	17,07
29	5,6	5,8	0,78	12,75	19,03
30	5,8	6,0	0,49	19,62	16,58
31	6,0	6,2	0,59	12,75	19,03
32	6,2	6,4	0,49	26,49	16,58
33	6,4	6,6	0,69	19,62	17,07
34	6,6	6,8	0,59	12,75	19,03
35	6,8	7,0	0,39	12,75	15,89
36	7,0	7,2	0,39	19,62	15,89
37	7,2	7,4	0,29	19,62	15,01
38	7,4	7,6	0,59	19,62	16,68
39	7,6	7,8	0,29	19,62	15,01
40	7,8	8,0	0,39	12,75	15,89
41	8,0	8,2	0,49	19,62	16,48
42	8,2	8,4	0,59	26,49	16,97
43	8,4	8,6	0,69	19,62	16,97
44	8,6	8,8	0,69	19,62	16,97
45	8,8	9,0	0,59	26,49	16,97
46	9,0	9,2	0,69	26,49	17,36
47	9,2	9,4	0,78	39,24	17,66
48	9,4	9,6	0,78	46,11	17,66
49	9,6	9,8	0,88	58,86	17,95
50	9,8	10,0	1,08	71,61	18,44
51	10,0	10,2	1,57	51,99	19,03
52	10,2	10,4	1,28	46,11	18,54
53	10,4	10,6	1,37	98,1	19,03

INCO ENRIC SRL

N.	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs (kPa)	Gamma (kN/mc)
54	10,6	10,8	1,67	110,85	19,42
55	10,8	11,0	1,67	144,21	19,42
56	11,0	11,2	1,77	98,1	19,62
57	11,2	11,4	1,67	110,85	19,42
58	11,4	11,6	2,06	65,73	19,03
59	11,6	11,8	1,08	78,48	18,34
60	11,8	12,0	2,35	58,86	19,13
61	12,0	12,2	2,26	78,48	19,82
62	12,2	12,4	2,16	71,61	19,72
63	12,4	12,6	2,26	71,61	19,03
64	12,6	12,8	1,28	91,23	18,74
65	12,8	13,0	1,86	78,48	19,33
66	13,0	13,2	2,16	71,61	19,72
67	13,2	13,4	2,06	65,73	19,03
68	13,4	13,6	1,37	65,73	18,93
69	13,6	13,8	0,98	71,61	18,15
70	13,8	14,0	1,67	71,61	19,13
71	14,0	14,2	2,06	39,24	19,03
72	14,2	14,4	1,77	65,73	19,23
73	14,4	14,6	1,86	91,23	19,72
74	14,6	14,8	2,16	51,99	19,03
75	14,8	15,0	1,57	58,86	18,93
76	15,0	15,2	1,67	58,86	19,03
77	15,2	15,4	1,57	58,86	18,93
78	15,4	15,6	1,37	58,86	18,64
79	15,6	15,8	1,57	46,11	19,03
80	15,8	16,0	1,37	46,11	18,54
81	16,0	16,2	1,28	51,99	18,44
82	16,2	16,4	1,37	65,73	18,93
83	16,4	16,6	1,08	124,59	18,25
84	16,6	16,8	3,24	124,59	20,6
85	16,8	17,0	3,04	144,21	20,5
86	17,0	17,2	3,34	117,72	20,7
87	17,2	17,4	2,26	91,23	19,82
88	17,4	17,6	1,77	110,85	19,52
89	17,6	17,8	2,45	104,97	20,01
90	17,8	18,0	3,04	144,21	20,5
91	18,0	18,2	2,94	124,59	20,4
92	18,2	18,4	3,24	156,96	20,6
93	18,4	18,6	3,14	124,59	20,5
94	18,6	18,8	2,35	156,96	20,21
95	18,8	19,0	2,65	169,71	20,5
96	19,0	19,2	2,26	124,59	20,11
97	19,2	19,4	2,16	144,21	20,01
98	19,4	19,6	3,63	137,34	20,9
99	19,6	19,8	4,12	169,71	21,19
100	19,8	20,0	3,73	150,09	20,9
101	20,0	20,2	4,41	150,09	19,52
102	20,2	20,4	5,98	156,96	19,91
103	20,4	20,6	5,4	137,34	19,72
104	20,6	20,8	6,18	124,59	19,91
105	20,8	21,0	6,57	150,09	20,01
106	21,0	21,2	5,4	150,09	19,72
107	21,2	21,4	5,59	169,71	19,72
108	21,4	21,6	5,69	208,95	19,72

INCO ENRIC SRL

N.	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc)
109	21,6	21,8	5,98	222,69	21,97
110	21,8	22,0	7,26	215,82	20,11
111	22,0	22,2	6,38	313,92	22,17
112	22,2	22,4	8,83	326,67	20,31
113	22,4	22,6	8,34	353,16	22,76
114	22,6	22,8	8,24	261,93	20,21
115	22,8	23,0	9,32	267,81	20,4
116	23,0	23,2	9,22	313,92	20,4
117	23,2	23,4	8,83	340,41	20,31
118	23,4	23,6	8,24	340,41	22,76
119	23,6	23,8	8,53	144,21	20,21
120	23,8	24,0	6,18	176,58	19,72
121	24,0	24,2	5,79	137,34	19,62
122	24,2	24,4	6,38	163,83	19,82
123	24,4	24,6	6,57	176,58	19,82
124	24,6	24,8	6,28	196,2	19,72
125	24,8	25,0	6,08	150,09	19,72
126	25,0	25,2	6,77	98,1	19,82
127	25,2	25,4	7,65	235,44	20,01
128	25,4	25,6	8,24	196,2	20,11
129	25,6	25,8	9,22	176,58	20,21
130	25,8	26,0	8,63	228,57	20,11
131	26,0	26,2	9,42	242,31	20,31
132	26,2	26,4	9,61	242,31	20,31
133	26,4	26,6	10,3	222,69	20,4
134	26,6	26,8	8,93	222,69	20,11
135	26,8	27,0	9,22	144,21	20,21
136	27,0	27,2	12,16	150,09	20,6
137	27,2	27,4	9,32	156,96	20,21
138	27,4	27,6	8,24	242,31	20,01
139	27,6	27,8	10,59	222,69	20,4
140	27,8	28,0	9,32	163,83	20,21
141	28,0	28,2	8,53	222,69	20,01
142	28,2	28,4	9,32	222,69	20,11
143	28,4	28,6	10,2	235,44	20,31
144	28,6	28,8	9,61	261,93	20,21
145	28,8	29,0	11,18	267,81	20,4
146	29,0	29,2	10,99	117,72	20,4
147	29,2	29,4	10,59	208,95	20,31
148	29,4	29,6	10,01	130,47	20,21
149	29,6	29,8	8,44	267,81	20,01
150	29,8	30,0	12,07	203,07	20,5
151	30,0	30,2	12,26	215,82	20,5
152	30,2	30,4	11,87	156,96	20,5
153	30,4	30,6	9,22	156,96	20,11

