

**BORGO TOSSIGNANO • CASALFIUMANESE • CASTEL DEL RIO • CASTEL GUELFO •
CASTEL SAN PIETRO TERME • DOZZA • FONTANELICE • IMOLA • MEDICINA • MORDANO**

COMUNE DI CASTEL SAN PIETRO TERME

Sindaco	Fausto Tinti
Segretario Comunale	Cinzia Giacometti
Dirigente del Servizio	Angelo Premi
Adozione	Delibera C.C. n. 72 del 01/08/2013 – Var.1 Del. C.C. n. 120 del 12/12/2013
Controdeduzioni	Delibera C.C. n. 171 del 23/12/2015
Approvazione	Delibera C.C. n. 59 del 13/05/2016

RUE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA VARIANTE 1 CON RECEPIMENTO VARIANTI 2 E 3

Adozione Del. C.C. n. 150 del 21/12/2016
Approvazione Del. C.C. n.

RESPONSABILE DI PROGETTO
Arch. Alessandro Costa

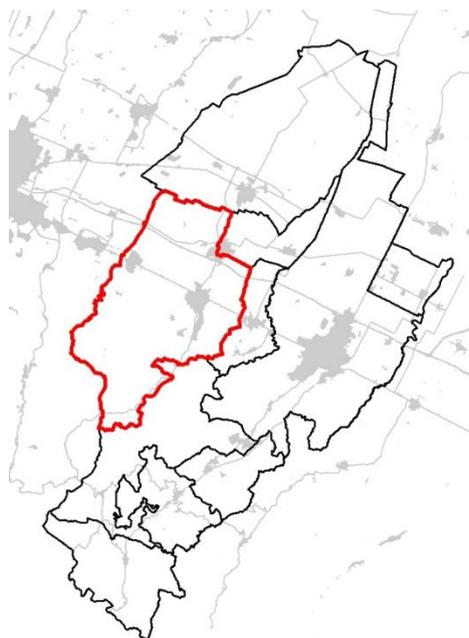
UFFICIO DI PIANO FEDERATO
Arch. Alessandro Costa
Dott.ssa Raffaella Baroni
Dott. Lorenzo Diani
Ing. Morena Rabiti

CONSULENTI DI PROGETTO
Arch. Franco Capra
Arch. Piergiorgio Mongioj
Arch. Mario Piccinini
Arch. Ivano Serrantoni

RESPONSABILE VARIANTE
Arch. Angelo Premi

**SERVIZIO EDILIZIA E
URBANISTICA CSPT**
Arch. Angelo Premi
Arch. Fausto Zanetti
Arch. Manuela Mega
Geom. Stefania Mongardi

Collaborazione
UFFICIO DI PIANO FEDERATO
Arch. Piergiorgio Mongioj
Dott. Lorenzo Diani



VARIANTI AL RUE APPROVATO

VARIANTE n.1	ADOZIONE	Delibera C.C. n. 150 del 21/12/2016
	APPROVAZIONE	Delibera C.C. n.
VARIANTE n. 2	APPROVAZIONE	Delibera C.C. n. 64 del 15/06/2017
VARIANTE n. 3	ADOZIONE	Delibera C.C. n. 134 del 30/10/2017
	APPROVAZIONE	Delibera C.C. n. 54 del 10/05/2018

STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE

ARKIGEO*di Gasparini Dott. Geol. Giorgio*

Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)

Tel. /Fax : 059 – 815262

e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»

C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE

COMUNE di CASTEL SAN PIETRO TERME

**Variante N. 1 Specifica al Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) vigente,
adottato con Delibera di Consiglio Comunale n. 150 del 21.12.2016.**

Relazione Geologica e Sismica

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Castel San Pietro Terme è stata redatta la presente relazione in risposta alla richiesta, della Responsabile "Servizio Pianificazione Urbanistica" della Città Metropolitana di Bologna, ing. Alice Savi, di documentazione integrativa ed in particolare di:

Relazione geologica e sismica, sottoscritta da un Geologo abilitato, con caratterizzazione sismica delle aree oggetto di Variante.

Detta Relazione dovrà essere predisposta ai sensi della Delibera Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n. 2193 del 21.12.2015 "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

Detta Relazione dovrà contenere il giudizio di fattibilità degli interventi oggetto della variante.

2. LA VARIANTE PER LA PARTE DI INTERESSE GEOLOGICO

Si tratta dell'Ambito Speciale N10, sul quale insistono attualmente le dotazioni scolastiche esistenti (Fig. 1), per il quale è prevista la riconversione per funzioni prevalentemente residenziali e altre compatibili.

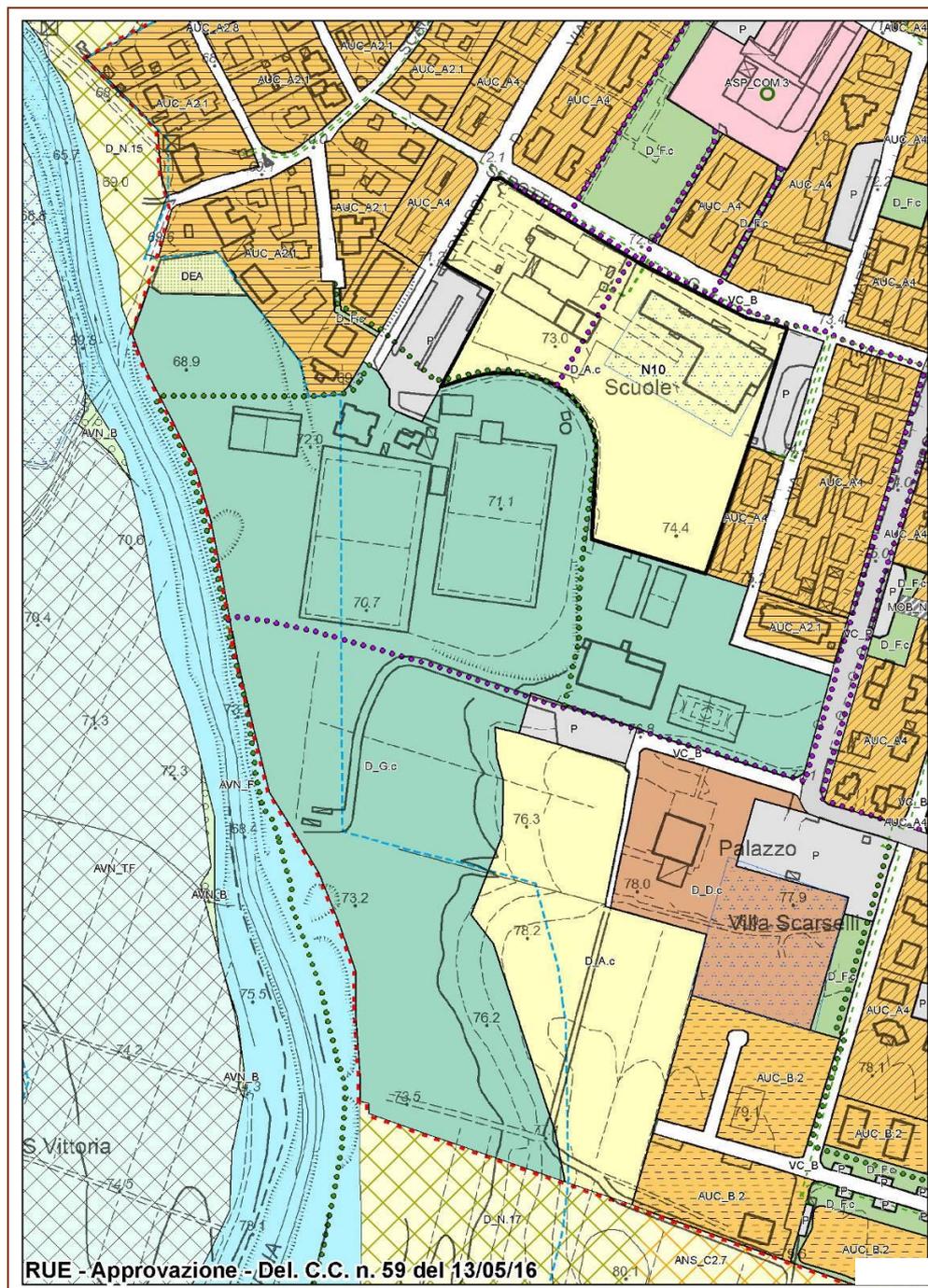


Fig. 1 – Estratto da "RUE – Approvazione Del. C.C. n. 59 del 13.05.2016" (non in scala).

Dal punto di vista cartografico si propongono n. 3 sub ambiti: l'ambito "N10a", centrale, e 2 ambiti "N10b" laterali (Fig. 2); è prevista la possibilità di realizzare complessi edilizi (con un massimo di 4 piani abitabili) a destinazione prevalentemente residenziale, eventualmente integrati da altre funzioni complementari e compatibili alla residenza stessa **in coerenza con le indicazioni del RUE vigente.**

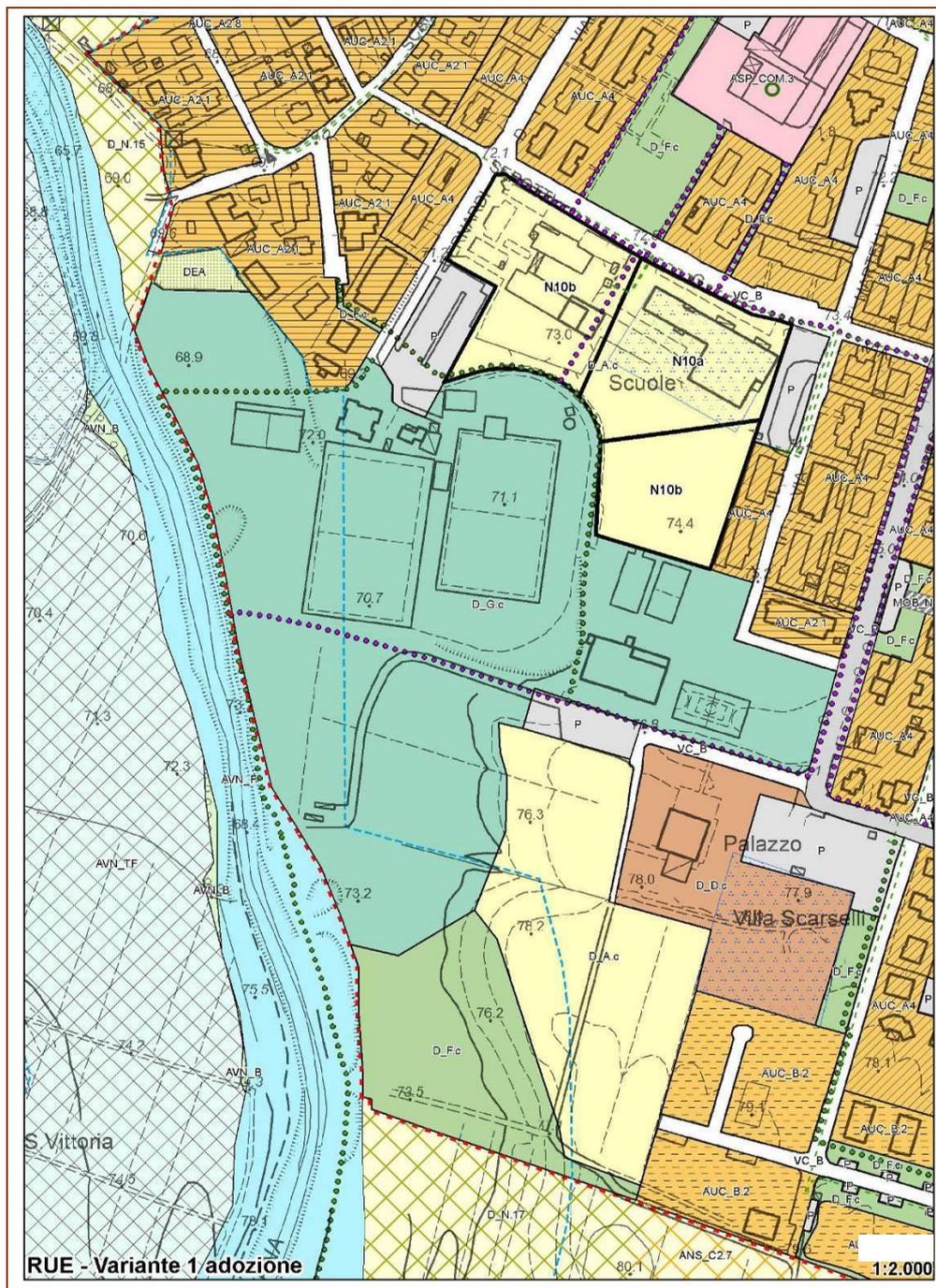


Fig. 2 – Estratto da RUE – Variante 1 adozione (non in scala).

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E INDAGINI GEOGNOSTICHE ESISTENTI

L'area in oggetto è collocata nella parte Sud-Ovest dell'abitato di Osteria Grande, Frazione di Castel S. Pietro Terme, in destra idraulica del Torrente Quaderna che dista circa 270 m (Fig. 3).

L'area è collocata a quote di 74÷75 m slm ed è individuabile geograficamente mediante le seguenti coordinate: 32T 700351E / 4922186N.



Fig. 3 – Inquadramento territoriale dell'area di intervento.

L'area è sede del polo scolastico frazionale e già oggetto, in un passato recente, da studi di carattere geologico, geotecnico, sismico e geognostico; in particolare nella presente analisi si farà riferimento: alle indagini a supporto del PSC vigente; alle analisi della Microzonazione Sismica comunale; alla Banca Dati geologica regionale; alla *"Relazione sull'Indagine geologica e geotecnica eseguita presso il plesso scolastico di Via Serotti, Località Osteria Grande, Comune di Castel San Pietro Terme per l'ampliamento della Scuola Primaria Serotti, della Scuola Materna Grandi e dell'Asilo Nido Arcobaleno"*.

Tali fonti bibliografiche mettono a disposizione diverse indagini geognostiche fra le quali sono state estratte, per maggiore rappresentatività d'area, n. 5 prove penetrometriche statiche (All. n. 1) a punta meccanica (CPT), n. 2 HVSR (All. n. 2) e n. 1 MASW (All. n. 3), tutte ubicate come da Fig. 4; fa eccezione una delle HVSR

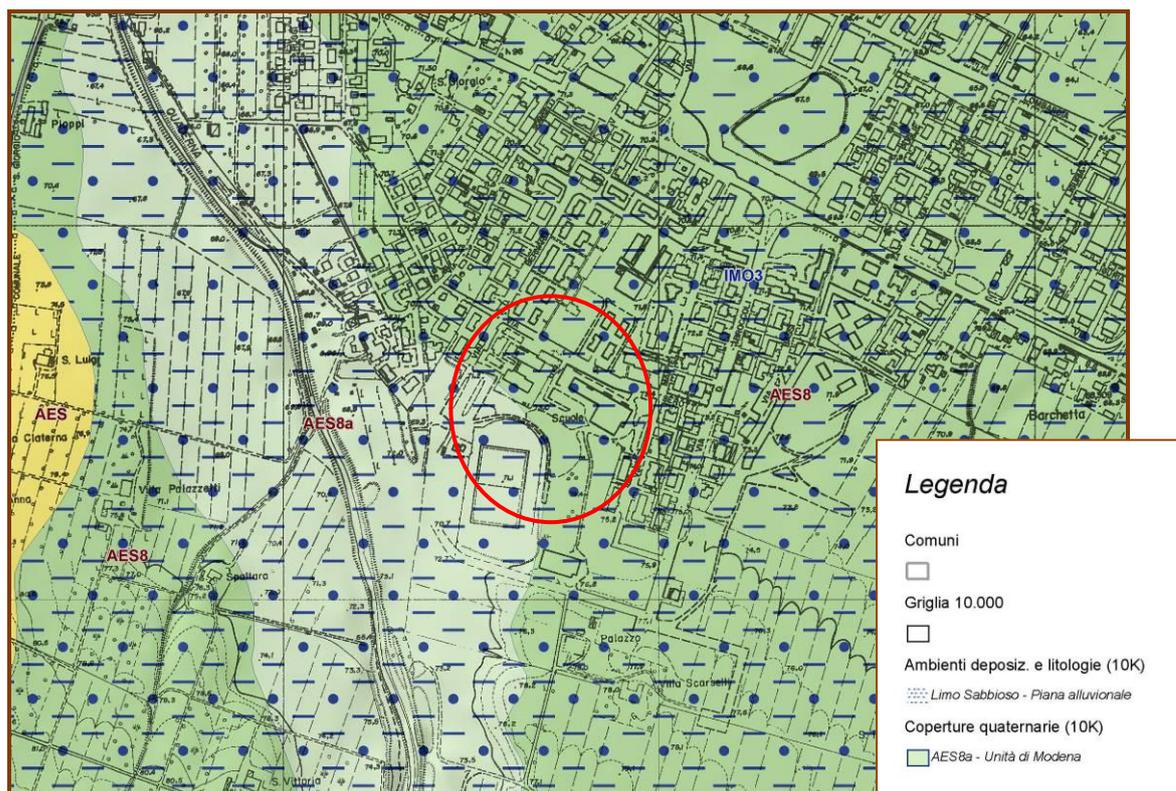


Fig. 5 – Estratto dalla carta geologica di pianura (fuori scala) (sito web cartografico dell'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna). AES8: subsistema di Ravenna (AES8a: Unità di Modena, parte superficiale del subsistema di Ravenna). Il cerchio rosso individua l'area di interesse.

I litotipi affioranti sono limi sabbiosi di piana alluvionale.

Dal punto di vista stratigrafico va segnalato uno spessore di terreni fini, di copertura alle ghiaie, pari a circa una decina di metri e che l'intero Sintema Emiliano Romagnolo Superiore ha spessori in area di 25÷30 m; il sottostante Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore è molto ridotto incontrando le Sabbie Gialle di Imola già a circa 35÷40 m di profondità.

La Formazione delle "Sabbie Gialle di Imola" è molto spessa in zona presentando il passaggio con le Argille Azzurre Plioceniche a circa 200÷250 m di profondità (Fig. 6).

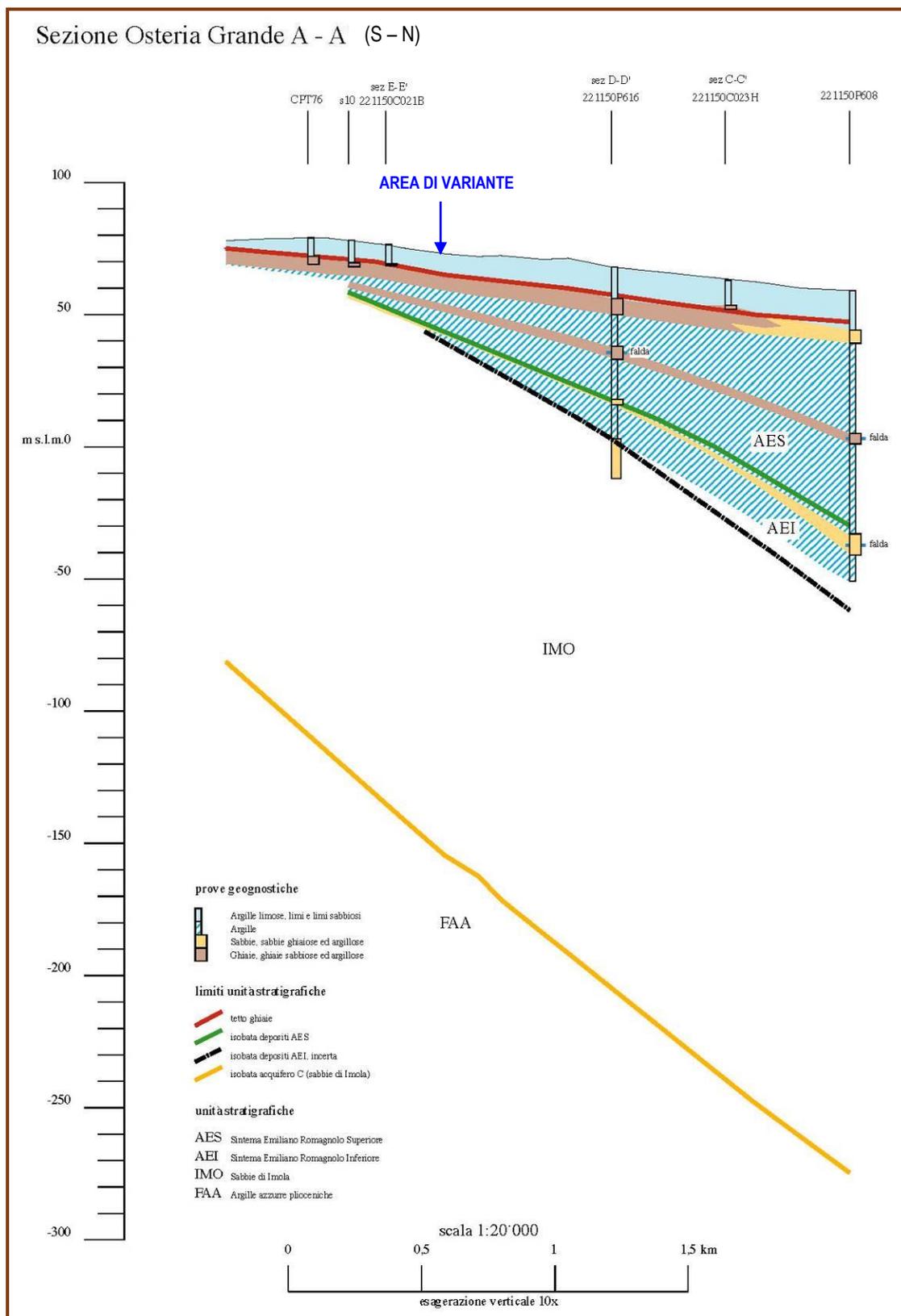


Fig. 6 - Sezione litostratigrafica A-A'.

Dal punto di vista geomorfologico l'area d'intervento si presenta sub-pianeggiante, uniforme, con leggera inclinazione verso Sud e Sud-Ovest.

Verso Sud è delimitata da una scarpata d'erosione del vicino Torrente Quaderna, la cui acclività molto bassa è il risultato di un'intensa azione di rimodellamento della superficie ad opera dell'uomo e volta a rendere più facili ed efficienti le lavorazioni agricole.

Nelle immediate vicinanze dell'area d'intervento non sono visibili altri elementi significativi di differenziazione morfologica né naturali, né antropici.

L'elemento idrologico più importante che interessa, anche se marginalmente, l'area è il Torrente Quaderna che scorre ad Ovest ad una distanza di m 270 circa, con direzione generalizzata Sud/Nord ed andamento abbastanza rettilineo; il torrente non presenta problematiche di esondabilità e l'area non può subire inondazioni da parte del torrente stesso.

Dal punto di vista idrogeologico si segnala che in nessuna delle indagini penetrometriche raccolte (max profondità 10 m) è stata segnalata acqua libera sotterranea pur avendo raggiunto le ghiaie di base.

A tal riguardo, per avere un riferimento, ci si è riferiti ad un pozzo per acqua della Rete di Controllo Regionale, ubicato ad Osteria Grande ad una distanza di circa 600 m a valle rispetto l'area di interesse con quota dal pdc pari a 69,75 m slm (All. n. 4).

Per tale pozzo sono disponibili letture di soggiacenza per il periodo che va dal 1976 al 2002 dalle quali si possono notare massimi di -14,27 m (Luglio 1990) e minimi di -4,35 m (Marzo 1981).

La forte escursione in tale periodo pluriennale giustifica l'assenza idrica riscontrata durante l'esecuzione delle prove penetrometriche anche se va ricordato che il dislivello del pdc fra le aree di variante e quella del pozzo è di circa 4÷5 m con un'inclinazione di quasi l'1%; avendo la superficie di falda inclinazione sicuramente minore (siamo in acquifero ghiaioso a permeabilità media ed elevata) ci si deve aspettare un minimo di soggiacenza superiore a quella del pozzo della rete di controllo, stimabile in circa - 6÷7 m dal pdc.

Dal punto di vista della subsidenza va segnalato che la nostra area presenta abbassamenti omogenei e di entità modesta pari a -5/-4 mm/anno (All. n. 5).

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Come già anticipato al precedente Capitolo 4 di "Inquadramento Geologico", buona parte del volume geotecnicamente significativo è rappresentato da terreni fini discretamente datati (Eneolitico-Romano) e quindi mediamente sovraconsolidati per invecchiamento ed essiccazione; il loro spessore è significativo (6-8 m).

Alla loro base si registra un miglioramento essendo presenti ghiaie ben addensate aventi spessori plurimetrici a più livelli sovrapposti e prevalenti rispetto i sedimenti fini; tale situazione è valida per l'intero Sintema Emiliano Romagnolo Superiore.

Come già detto al precedente Capitolo 3 sono state raccolte diverse prove penetrometriche (All. n. 1 e Fig. 4); elaboriamo ed esponiamo di seguito le 2 prove penetrometriche più rappresentative dell'area di indagine: la CPT5 e la CPT243 (All. n. 1 e Figg. 7 e 8).

Elaborazione CPT5 DA BIBLIOGRAFIA

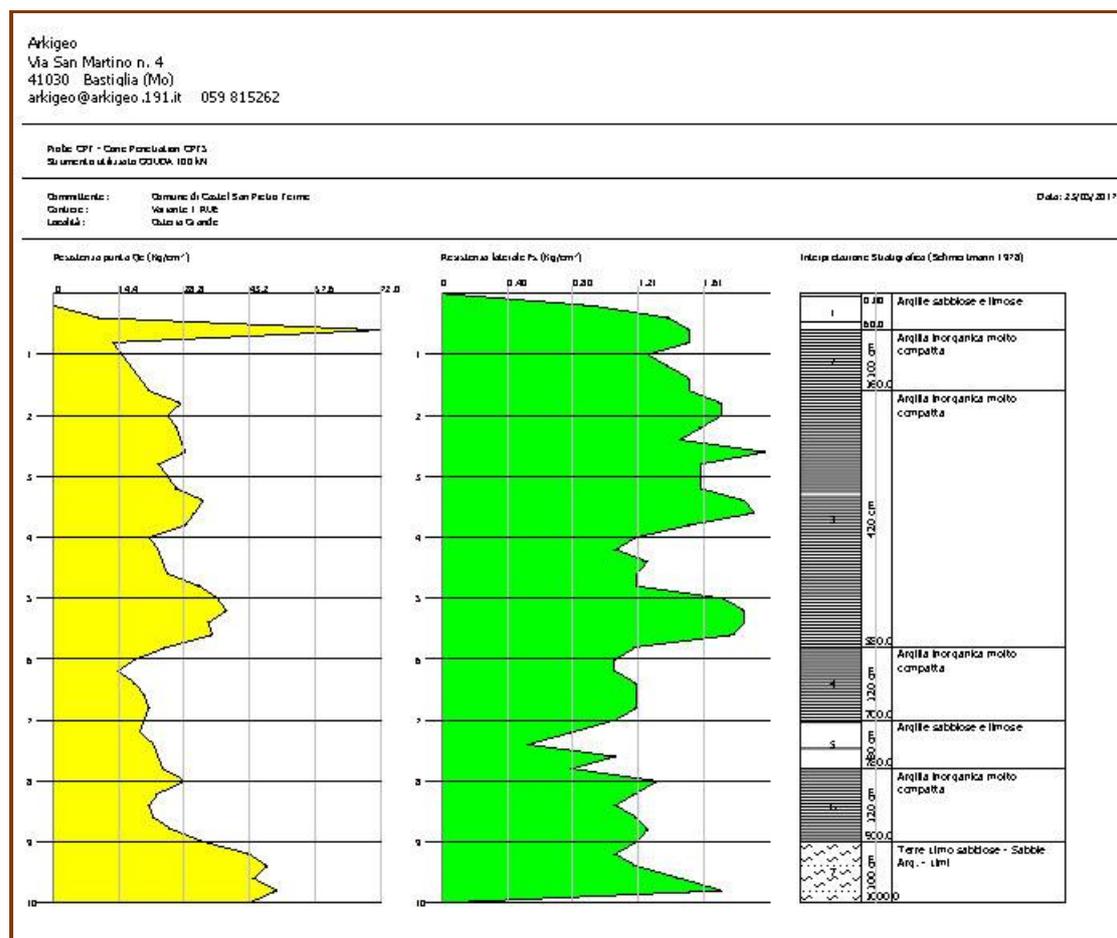


Fig. 7 – Colonna Litostratigrafica CPT5.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Terzaghi	1.4
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Terzaghi	0.9
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Terzaghi	1.4
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Terzaghi	0.9
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Terzaghi	1.1
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Terzaghi	1.3
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Terzaghi	2.3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Metodo generale del modulo Edometrico	54.7
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	47.2
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Metodo generale del modulo Edometrico	57.0
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Metodo generale del modulo Edometrico	45.1
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Metodo generale del modulo Edometrico	44.0
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Metodo generale del modulo Edometrico	51.3
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Metodo generale del modulo Edometrico	90.4

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Ladd ed Altri 1977 n=30	41.1
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Ladd ed Altri 1977 n=30	25.5
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Ladd ed Altri 1977 n=30	42.6
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Ladd ed Altri 1977 n=30	27.6
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Ladd ed Altri 1977 n=30	33.0
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Ladd ed Altri 1977 n=30	38.4
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Ladd ed Altri 1977 n=30	67.8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Imai & Tomauchi	211.3
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	158.1
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Imai & Tomauchi	216.7
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Imai & Tomauchi	166.5
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Imai & Tomauchi	185.1
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Imai & Tomauchi	203.4
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Imai & Tomauchi	287.4

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Stress-History	>9
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Stress-History	2.29
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Stress-History	0.96
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Stress-History	<0.5
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Stress-History	<0.5
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Stress-History	<0.5
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Stress-History	0.57

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Meyerhof	2.0
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Meyerhof	1.9
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Meyerhof	2.0
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Meyerhof	1.9
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Meyerhof	2.0
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Meyerhof	2.0
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Meyerhof	2.1

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	0.11566	0.01504
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	0.14524	0.01888
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	0.11371	0.01478
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	0.13889	0.01806
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	0.12745	0.01657
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	0.11882	0.01545
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	0.10831	0.01408

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Meyerhof	2.1
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Meyerhof	2.0
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Meyerhof	2.0
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Meyerhof	2.1
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Meyerhof	2.1
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Meyerhof	2.2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	155.54
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	181.01
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	247.68
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	251.06
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	265.22
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	278.53
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	315.06

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Harman	100.0
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Harman	11.6
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Harman	30.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Herminier	41.9
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Herminier	22.2
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Herminier	22.8

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Robertson & Campanella 1983	54.7
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Robertson & Campanella 1983	44.0
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Robertson & Campanella 1983	90.4

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Buisman - Sanglerat	136.7
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Buisman - Sanglerat	110.0
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Buisman - Sanglerat	67.8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Imai & Tomauchi	211.3
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Imai & Tomauchi	185.1
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Imai & Tomauchi	287.4

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Stress-History	>9
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Stress-History	<0.5
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Stress-History	0.6

Studio Geologico Ambientale ARKIGEO di Gasparini Dott. Geol. Giorgio

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Kulhawy & Mayne (1990)	0.24

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	0.11566	0.01504
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	0.12745	0.01657
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	0.10831	0.01408

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Meyerhof	1.8
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Meyerhof	1.8
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Meyerhof	2.1
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Meyerhof	2.1
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	187.47
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	277.65
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	343.70

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	1.74E-09
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Piacentini-Righi 1988	1.15E-11
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Piacentini-Righi 1988	4.76E-07
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Piacentini-Righi 1988	1.86E-09
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Piacentini-Righi 1988	7.03E-05

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.60	27.333	1.287	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	1.425489E-04
Strato 2	1.60	17.0	1.452	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	5.1E-07
Strato 3	5.80	28.476	1.575	0.7	0.7	Piacentini-Righi 1988	9.828022E-07
Strato 4	7.00	18.5	1.135	1.2	1.2	Piacentini-Righi 1988	5.55E-07
Strato 5	7.80	22.0	0.8	1.4	1.4	Piacentini-Righi 1988	3.138955E-02
Strato 6	9.00	25.667	1.212	1.6	1.6	Piacentini-Righi 1988	1.430779E-04
Strato 7	10.00	45.2	1.094	1.8	1.8	Piacentini-Righi 1988	9.531226

Elaborazione CPT243 DA BIBLIOGRAFIA

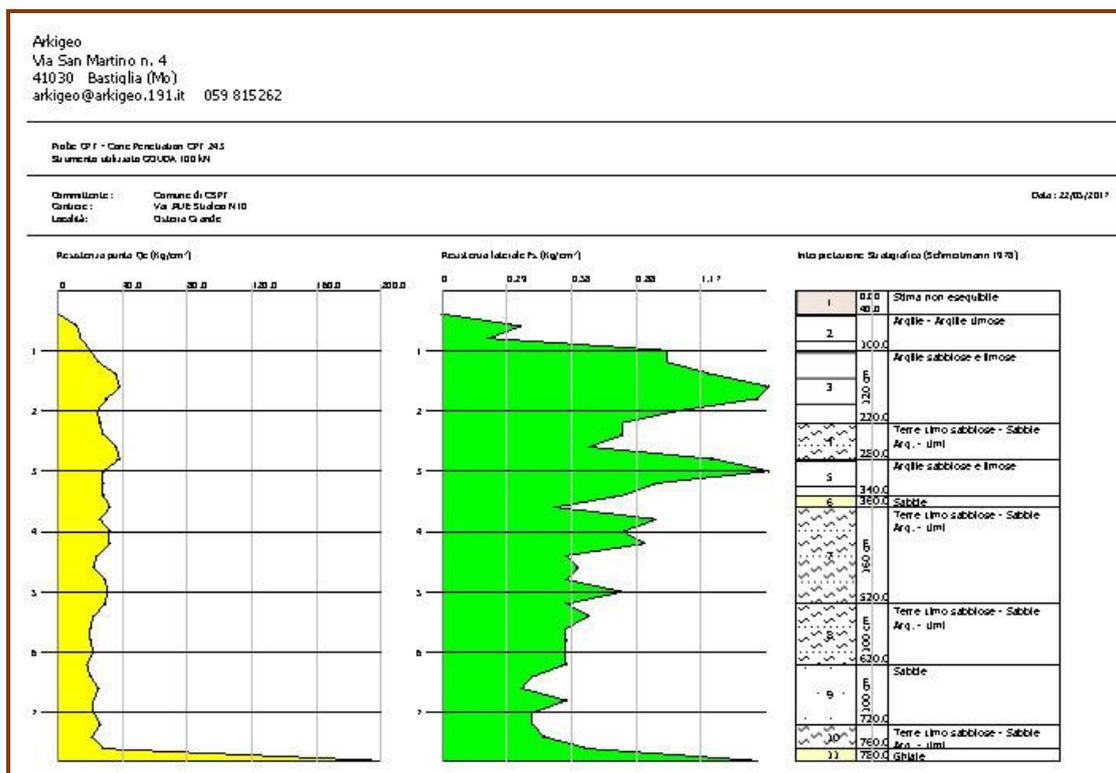


Fig. 8 – Colonna Litostratigrafica CPT243.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT243

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Terzaghi	0.8
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Terzaghi	1.5
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Terzaghi	1.7
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Terzaghi	1.4
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Terzaghi	1.4
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Terzaghi	1.0
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Terzaghi	1.2

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	48.3
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	59.7
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	68.0
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Metodo generale del modulo Edometrico	56.0
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Metodo generale del modulo Edometrico	56.2
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Metodo generale del modulo Edometrico	40.8
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Metodo generale del modulo Edometrico	49.0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Ladd ed Altri 1977 n=30	23.1
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Ladd ed Altri 1977 n=30	44.7
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Ladd ed Altri 1977 n=30	51.0

Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Ladd ed Altri 1977 n=30	42.0
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Ladd ed Altri 1977 n=30	42.3
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Ladd ed Altri 1977 n=30	30.6
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Ladd ed Altri 1977 n=30	36.9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	148.4
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	222.9
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Imai & Tomauchi	241.5
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	214.5
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Imai & Tomauchi	215.1
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Imai & Tomauchi	176.7
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Imai & Tomauchi	197.7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Stress-History	6.26
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Stress-History	2.96
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Stress-History	1.91
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Stress-History	1.22
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Stress-History	0.83
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Stress-History	<0.5
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Stress-History	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Meyerhof	1.9
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Meyerhof	2.0
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Meyerhof	2.1
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Meyerhof	2.0
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Meyerhof	2.0
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Meyerhof	2.0
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Meyerhof	2.0

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	0.15374	0.01999
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	0.11158	0.01451
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	0.11715	0.01523
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	0.1145	0.01488
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	0.11429	0.01486
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	0.1322	0.01719
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	0.12129	0.01577

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Meyerhof	2.1
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Meyerhof	2.1
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Meyerhof	2.1
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Meyerhof	2.0
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	148.83
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	210.30
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	235.85
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	237.14
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	252.74
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	249.51
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	269.39

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Harman	65.4
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Harman	56.2
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Harman	43.4
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Harman	44.6
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Harman	34.0
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Harman	16.2
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Harman	16.2
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Harman	15.9
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Harman	87.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Herminier	29.4
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Herminier	26.7
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Herminier	24.7
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Herminier	24.7
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Herminier	23.6
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Herminier	22.4
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Herminier	22.4
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Herminier	22.3
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Herminier	30.2

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Robertson & Campanella 1983	59.7
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Robertson & Campanella 1983	68.0
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Robertson & Campanella 1983	56.0
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Robertson & Campanella 1983	64.0
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Robertson & Campanella 1983	56.3
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Robertson & Campanella 1983	40.8
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Robertson & Campanella 1983	46.0
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Robertson & Campanella 1983	49.0
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Robertson & Campanella 1983	400.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Buisman - Sanglerat	149.2
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Buisman - Sanglerat	102.0
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Buisman - Sanglerat	140.0
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Buisman - Sanglerat	96.0
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Buisman - Sanglerat	140.6
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Buisman - Sanglerat	102.0
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Buisman - Sanglerat	115.0
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Buisman - Sanglerat	122.5
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Buisman - Sanglerat	300.0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	222.9
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Imai & Tomauchi	241.5
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	214.5
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Imai & Tomauchi	232.7
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Imai & Tomauchi	215.1
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Imai & Tomauchi	176.7
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Imai & Tomauchi	190.2
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Imai & Tomauchi	197.7
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Imai & Tomauchi	713.0

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Stress-History	3.0
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Stress-History	1.9
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Stress-History	1.2
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Stress-History	1.2
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Stress-History	0.8
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Stress-History	<0.5
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Stress-History	<0.5
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Stress-History	<0.5
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Stress-History	3.2

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Kulhawy & Mayne (1990)	0.71
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Kulhawy & Mayne (1990)	0.53
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	0.40
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Kulhawy & Mayne (1990)	0.40
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Kulhawy & Mayne (1990)	0.31
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Kulhawy & Mayne (1990)	0.75

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	0.11158	0.01451
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	0.11715	0.01523
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	0.1145	0.01488
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	0.11931	0.01551
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	0.11429	0.01486
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	0.1322	0.01719
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	0.12483	0.01623
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	0.12129	0.01577
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	0.11386	0.0148

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Meyerhof	1.8
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Meyerhof	1.8
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Meyerhof	1.8
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Meyerhof	1.9
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Meyerhof	1.8
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Meyerhof	1.8
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Meyerhof	1.8
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Meyerhof	1.8
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Meyerhof	1.9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Meyerhof	2.1
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Meyerhof	2.1
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Meyerhof	2.2
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Meyerhof	2.1
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Meyerhof	2.1
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Meyerhof	2.1
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Meyerhof	2.1
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Meyerhof	2.2

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	239.53
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	265.74
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	261.25
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	274.84
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	274.70
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	262.54
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	276.36
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	284.39
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	484.27

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	*
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.84E-06
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	1.27E-07
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Piacentini-Righi 1988	3.64E-05
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	1.69E-07
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Piacentini-Righi 1988	2.50E-03
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Piacentini-Righi 1988	5.02E-05
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Piacentini-Righi 1988	1.87E-05
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Piacentini-Righi 1988	9.05E-04
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Piacentini-Righi 1988	1.70E-04
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

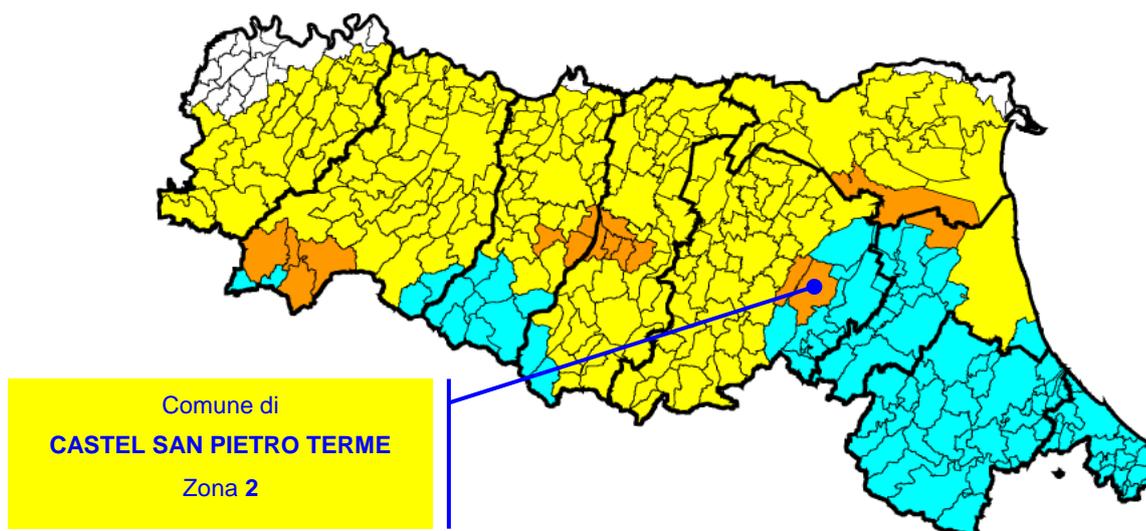
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	1.00	15.333	0.517	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	8.444361E-02
Strato 3	2.20	29.833	1.15	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	1.133973E-02
Strato 4	2.80	34.0	0.883	0.4	0.4	Piacentini-Righi 1988	3.714417
Strato 5	3.40	28.0	1.067	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	1.421185E-02
Strato 6	3.60	32.0	0.5	0.6	0.6	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 7	5.20	28.125	0.713	0.8	0.8	Piacentini-Righi 1988	4.231996
Strato 8	6.20	20.4	0.57	1.1	1.1	Piacentini-Righi 1988	1.141408
Strato 9	7.20	23.0	0.42	1.2	1.2	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 10	7.60	24.5	0.55	1.4	1.4	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 11	7.80	200.0	1.4	1.4	1.4	Piacentini-Righi 1988	0

6. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (DM 14.01.2008)

6.1. Premessa

In campo geotecnico la normativa italiana di riferimento è rappresentata, per gli aspetti legati alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, dalla OPCM n. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche ed integrazioni e, per gli aspetti progettuali, dal Testo Unico «Norme Tecniche per le costruzioni», approvato con Decreto Ministeriale del 14/01/2008 (Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30) ed entrato definitivamente in vigore il 1° Luglio 2009 in seguito all'approvazione, il 23/06/2009, della legge di conversione del Decreto Legge Abruzzo 39/2009.

Tali testi rappresentano l'allineamento della normativa italiana agli Eurocodici.



LEGENDA

zona 2	89	precedente riclassificazione (1983 - 1984)
	16	
zona 3	214	
zona 4	22	

n. Comuni coinvolti

**Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003
(Allegato 1, punto 3 "prima applicazione")**

6.2. *Stati limite*

Una delle novità più importanti in campo geotecnico è rappresentata dall'abbandono del concetto di carico ammissibile, per approdare all'approccio degli stati limite come di seguito specificato.

6.2.3.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (6.2.1)$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad (6.2.2)$$

e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]. \quad (6.2.3)$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri geotecnici di progetto X_k / γ_M e della geometria di progetto a_d . Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Fondazioni superficiali

La verifica della condizione (6.2.1) può essere effettuata, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

– Combinazione 1: (A1+M1+R1)

– Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 1, devono essere prese in considerazione entrambe le combinazioni.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

6.3. Parametri di calcolo dell'azione sismica di riferimento

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (V_N vita nominale x C_U coefficiente d'uso).

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini delle NTC 2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In Allegato n. 6 si riportano i parametri sismici calcolati (Software "Geostru PS Parametri Sismici") per il sito in esame considerando una Vita Nominale ≥ 50 anni ed la classe d'uso **II** ed i coefficienti sismici che vengono calcolati per un sottosuolo di categoria **C** ed una categoria topografica **T1**.

6.4. Risposta sismica locale con approccio semplificato

Per definire l'azione sismica di progetto è necessario valutare la "**Risposta Sismica Locale**" e cioè quelle modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di base di un sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale.

$$a_{max} = a_g \times S_t \times S_s$$

S_s = Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica dipende dalla caratterizzazione geotecnica del materiale che costituisce i primi 30 m di profondità (calcolati dal piano di imposta della fondazione della struttura di sostegno) nella località di realizzazione dell'opera (F_0 e a_g tabulati).

Categoria sottosuolo	S_s
A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1,00
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 (F_0 (a_g / g)) < 1,20$
C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 (F_0 (a_g / g)) < 1,50$
D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 (F_0 (a_g / g)) < 1,80$
E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 (F_0 (a_g / g)) < 1,60$

Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.V – Norme Tecniche 2008

Nel caso di terreni di fondazione delle categorie S1 ed S2 la norma prescrive di realizzare specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 3.2.III - Norme Tecniche 2008

S_t = **Coefficiente di Amplificazione Topografica** si applica per dislivelli topografici maggiori di 30m e con pendenza i maggiore di 15° ; dipende dalla condizione topografica dell'opera e varia in funzione della pendenza del pendio e della localizzazione dell'opera su di esso da 1 alla base al valore S_t riportato in tabella alla sommità.

Categoria	Caratteristiche della superfici topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$		1
T2 e T3	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ o rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tab. 3.2.IV e Tab. 3.2.VI - Norme Tecniche 2008

In questo caso, tenendo conto di quanto sopra esposto e dell'Allegato n. 6 otterremo i seguenti dati di RSL ad approccio semplificato:

- **Comune:** Castel San Pietro Terme
- **Vita nominale V_N** = 50 anni
- **Coefficiente d'uso C_u** = 1
- **Categoria sottosuolo** = C
- **Categoria topografica** = T1
- **Accelerazione orizzontale a_g** = 0,188
- **Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica S_s** = **1,43**
- **Coefficiente di Amplificazione Topografica S_t** = 1,00
- **Accelerazione orizzontale massima a_{max}** = $a_g \times S_t \times S_s$ = **0,26884**

Nell'ambito delle analisi di 2° livello di approfondimento della Microzonazione Sismica del Comune di Castel San Pietro Terme, recepite nell'ambito del PSC vigente (*Tav. 7 "Microzonazione Sismica – Carta di Microzonazione Sismica – Fattori di Amplificazione PGA – Analisi di II Livello"* – All. n. 7), è stato stimato per l'area di interesse un **Fattore di Amplificazione FAPGA=1,6**; in tal caso si avrebbe un'accelerazione orizzontale al suolo pari a **$a_{max}=0,188 \times 1,6=0,3008$** .

E' da segnalare però che tali studi di Microzonazione Sismica al 2° livello sono stati condotti in riferimento alla DAL n. 112/2007; l'8 Gennaio 2016 è entrata in vigore la Delibera di Giunta Regionale n. 2193 del 21.12.2015 con la quale sono stati aggiornati gli indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica della DAL 112/2007.

A tal riguardo le Tabelle e le Formule per la valutazione dei fattori di amplificazione sismica al 2° livello sono stati modificati e pertanto esponiamo di seguito, per l'area di interesse, la Microzonazione Sismica al 2° livello in conformità alla Delibera di Giunta Regionale n. 2193/2015.

6.5. Microzonazione sismica ai sensi della DAL 112/2007 come aggiornata dalla DGR 2193/2015

6.5.1. Valutazione dei fattori di amplificazione sismica per le analisi di secondo livello di approfondimento (Allegato A2.1.2)

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nella presente analisi si è fatto riferimento al modello geologico descritto al precedente Capitolo 4 ed alle indagini sismiche da bibliografia (All. nn. 2 e 3 – Fig. 4); tali dati hanno permesso la definizione delle caratteristiche stratigrafiche e quindi di individuare l'appartenenza della nostra area all'ambiente di "**MARGINE Tipo A**", di cui all'Allegato A.2.12 della

DGR 2193/2015, nonché di stimare la velocità equivalente delle onde di taglio fino a 30 m di profondità risultato mediamente pari a $V_{s30}=300$ m/s (HVS118 - $V_{s30}=302$ m/s; LC MASW2 - $V_{s30}=328$ m/s; HVS1 Ortalli - $V_{s30}=283$ m/s).

Ai fine della valutazione dei Fattori di Amplificazione (in ambito di pianura caratterizzato da spessore dei terreni fini sovrastanti gli orizzonti grossolani inferiore a 30 m e che gli strati grossolani sovrastano direttamente il substrato geologico) si devono usare le tabelle seguenti di "MARGINE" tipo A.

	150	200	250	300	350	400
5	2.3	2.1	1.8	1.5		
10	2.3	2.2	2.0	1.8		
15	2.1	2.1	2.0	1.8		
20	2.1	2.1	2.0	1.9		
25	2.0	2.0	2.0	1.9		
30	1.9	1.9	1.9	1.9		

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400
5	2.2	1.9	1.7	1.6		
10	2.6	2.4	2.0	1.8		
15	2.6	2.5	2.2	1.9		
20	2.5	2.5	2.3	2.0		
25	2.3	2.3	2.2	2.1		
30	2.1	2.1	2.1	2.0		

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400
5	1.8	1.7	1.6	1.6		
10	2.3	2.0	1.8	1.7		
15	3.2	2.6	2.1	2.0		
20	3.5	3.1	2.5	2.1		
25	3.7	3.4	2.8	2.4		
30	3.6	3.5	3.0	2.6		

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

Nel caso specifico, considerando una V_{s30} media pari a 300 m/s, i fattori di amplificazione sono i seguenti:

- FA PGA **1,9**
- FA IS $0.1 \leq T_0 \leq 0.5s$ **2,0**
- FA IS $0.5 \leq T_0 \leq 1,0s$ **2,6**

Essendo l'area di studio pianeggiante gli effetti topografici risultano trascurabili.

7. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

Sono presenti terreni fini limo sabbiosi e limosi, sovraconsolidati per invecchiamento ed essiccazione (R_p medio=20÷25 kg/cmq con minimi pari a $R_p=15÷17$ kg/cmq), che dal pdc si spingono fino alla profondità di 8÷9 m dove sono presenti ghiaie ben addensate ($R_p \approx 200$ kg/cmq).

E` segnalare che nel caso della CPT5 il livello ghiaioso è, localmente e parzialmente, sostituito in sommità da sabbie con $R_p=45$ kg/cmq.

Tali terreni sono normalmente insaturi e, come già detto al precedente Capitolo 4, si può stimare per l'area una soggiacenza minima pari a circa 6÷7 m dal pdc.

I terreni in esame presentano quindi buone/ottime caratteristiche geotecniche sia per quanto riguarda la resistenza a taglio (verifiche agli SLU) che per la stima della compressibilità (verifiche agli SLE) sia in riferimento a fondazioni superficiali che profonde; in quest'ultimo caso è poi possibile raggiungere facilmente le ghiaie addensate poste, come detto, a modestissima profondità dal pdc.

Occorre però segnalare una possibile disomogeneità nell'andamento del tetto delle ghiaie e la presenza anche di livelli discontinui sabbiosi nei limi di copertura.

Per tali motivi occorrerà effettuare idonei approfondimenti in fase attuativa.

8. VERIFICHE GEOTECNICHE

8.1. Liquefazione

Per le analisi saranno adottati metodi di analisi semplificata (Capitolo 7.11.3.4.3 del DM 14.01.2008).

Per la definizione dello sforzo di taglio indotto da terremoto (CSR) si farà riferimento ad una accelerazione massima attesa in superficie pari a $a_{max}=0,188 \times 1,9=0,3572$ (g), risultante dall'elaborazione dei parametri sismici con l'analisi della RSL al 2° livello di approfondimento.

Per quanto riguarda invece il calcolo della resistenza al taglio nel terreno (CRR) si utilizzerà la metodologia di *Idriss & Boulanger, 2014* applicando il fattore di scala della magnitudo MSF riferita alla magnitudo del Comune di Castel San Pietro Terme (BO) ($M_{wmax}=6,14$) in quanto appartenente alla zona sismogenetica (ZS9) n. 914 "Forlivese" (www.zonesismiche.mi.ingv.it).

Lo sviluppo del calcolo è stato condotto con il codice LIQUITER2017 della Geostru il cui risultato si riporta nelle Figg. 9 e 10.

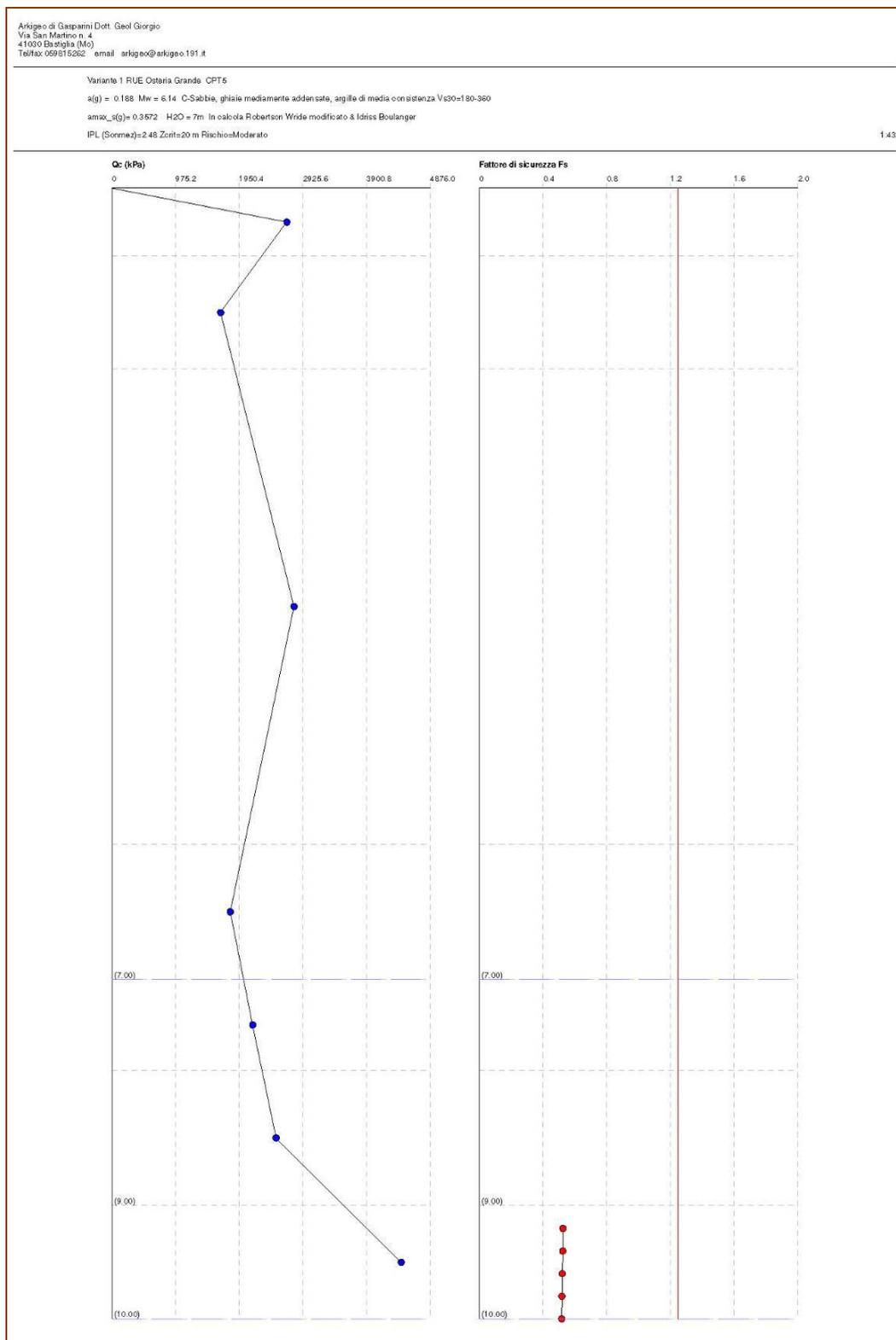


Fig. 9 – Stima del rischio di liquefazione CPT5 da Bibliografia.

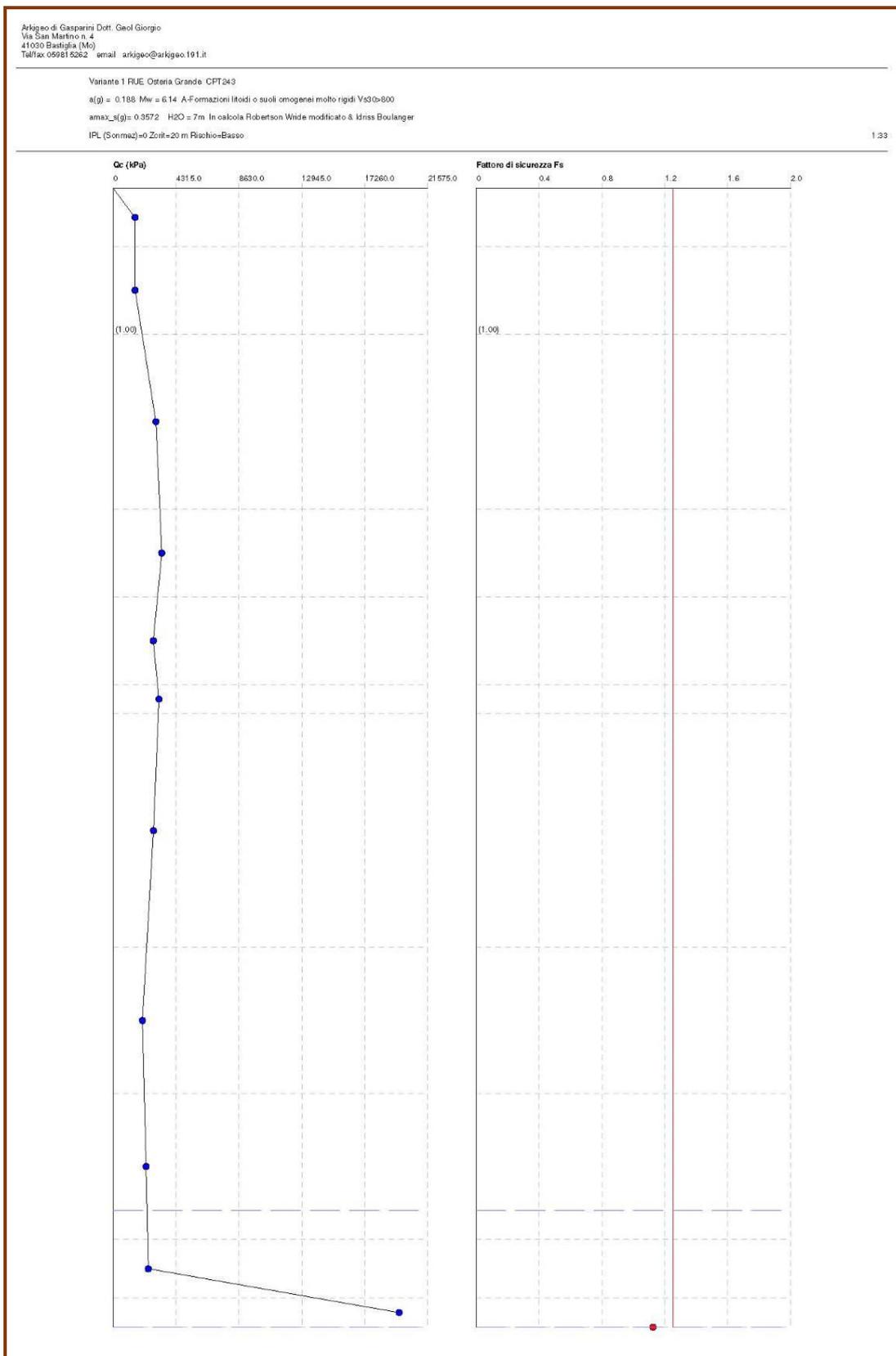


Fig. 10 – Stima del rischio di liquefazione CPT243 da Bibliografia.

Come si può notare mentre nella verticale CPT243 abbiamo un Indice del Potenziale di Liquefazione nullo ($IPL=0$), nella verticale CPT5 tale indice è superiore a 2 ($IPL=2,43$), rientrando fra quelli moderati.

Tale ultimo risultato dipende dal fatto che la base ghiaiosa densa dei limi di copertura è nel punto specifico della CPT5 sostituita da sabbie ed inoltre che si è adottata, per precauzione, una soggiacenza di 7 m anche se dai dati specifici d'area non si sono registrate soggiacenze così modeste.

Considerando infine che tale verticale (CPT5) è l'unica ad aver raggiunto la profondità di 10 m può essere considerata una anomalia che comunque richiede (in fase attuativa) sia un infittimento di indagine che un approfondimento della soggiacenza di falda e sua escursione nel tempo.

8.2. *Cedimenti post sismici*

Nel complesso siamo in presenza di terreni coesivi sovraconsolidati ($Cu \geq 0,7$ kg/cmq) e incoerenti ben addensati; per tali motivi si ritengono trascurabili i cedimenti post sismici per terreni coesivi soffici.

Per quanto riguarda quelli riferibili ai terreni liquefacibili occorre stimarli alla luce degli approfondimenti da eseguire in fase attuativa proposti al capitolo precedente.

8.3. *Frequenza di risonanza dei terreni*

Per quantificare il valore della frequenza di risonanza (o periodo proprio) dei terreni visco-elastici sul primo contrasto di impedenza sismica, sono state esaminate le n. 2 prove tromometriche (HVSR), dalle quali possiamo rilevare che i principali "picchi" sono attestati a frequenze fra i 6,4 Hz (HVSR118) e i 10,44 Hz (HVSR Ortalli).

Si propone quindi che in fase attuativa si eseguano maggiori approfondimenti per una più puntuale definizione dei contrasti di impedenza presenti nell'area di interesse e che sia verificata la non coincidenza fra la frequenza propria del sito e quella degli edifici in progetto.

9. CONCLUSIONI

La presente indagine è stata condotta a supporto della Variante Specifica N. 1 al RUE del Comune di Castel San Pietro Terme riguardante un'area di Osteria Grande sulla quale insistono le dotazioni scolastiche esistenti e per la quale si propone la riconversione per funzioni prevalentemente residenziali.

A tal proposito sono state raccolte diverse indagini geognostiche esistenti (n. 5 CPT, n. 2 HVS e n. 1 MASW) e proposti i modelli geologico, geotecnico e sismico dell'area.

In particolare per quest'ultimo è stata effettuata la Microzonazione Sismica al 2° livello di approfondimento in conformità alla Delibera di Giunta Regionale n. 2193/2015, di aggiornamento della DAL 112/2007, ottenendo i seguenti fattori di amplificazione:

- | | |
|----------------------------------|------------|
| - FA PGA | 1,9 |
| - FA IS $0.1 \leq T_0 \leq 0.5s$ | 2,0 |
| - FA IS $0.5 \leq T_0 \leq 1,0s$ | 2,6 |

Le caratteristiche geotecniche confermano la presenza di terreni prevalentemente coesivi e sovraconsolidati, fino a circa 7÷8 m di profondità con sottostanti ghiaie ben addensate; tale situazione conferisce al volume geotecnico significativo, per le successive edificazioni, buone/ottime proprietà sia di capacità portante che di bassa predisposizione ai cedimenti sia di compattazione statica che post sismici nel caso di terreni coesivi soffici.

L'andamento non regolare del tetto delle ghiaie richiede approfondimenti in fase attuativa.

Le verifiche al rischio di liquefazione portano a risultati dell'Indice Potenziale di Liquefazione (IPL) praticamente nullo salvo in un caso il cui esito moderato consiglia di eseguire approfondimenti in proposito sia nei confronti dell'andamento di falda che a riguardo dei cedimenti post sismici per terreni eventualmente liquefacibili.

Sono stati infine valutati i periodi propri dei terreni naturali in area riscontrando valori che oscillano tra 0,095 s e 0,15 s per i quali si richiedono approfondimenti specifici di indagine in fase esecutiva e di verificare la non coincidenza dei periodi propri degli edifici in progetto con tali valori dei terreni naturali.

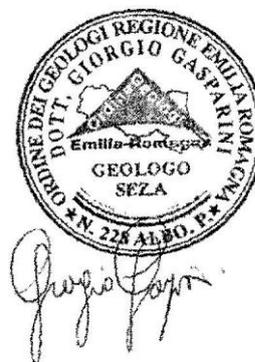
In conclusione sulla base di tutto quanto sopra esposto e considerato, si esprime un giudizio favorevole alla fattibilità geologica, geotecnica e sismica alla variante in oggetto nel rispetto delle condizioni di approfondimento e verifica sopra esposte.

La presente relazione risulta conforme alle prescrizioni di cui ai:

- OPCM 3274/2003 e ss.mm.ii;
- D.M. 14 Gennaio 2008;
- DAL 112/2007 come aggiornata con DGR 2193/2015.

Bastiglia, 28.08.2017

Dott. Geol. Giorgio Gasparini



ALLEGATI

Diagrammi
Prove Penetrometriche Statiche CPT

- da Bibliografia -

Geo-Land

SERVIZI GEOTECNICI

Via Bettisi n.12 - 48018 Faenza (RA)

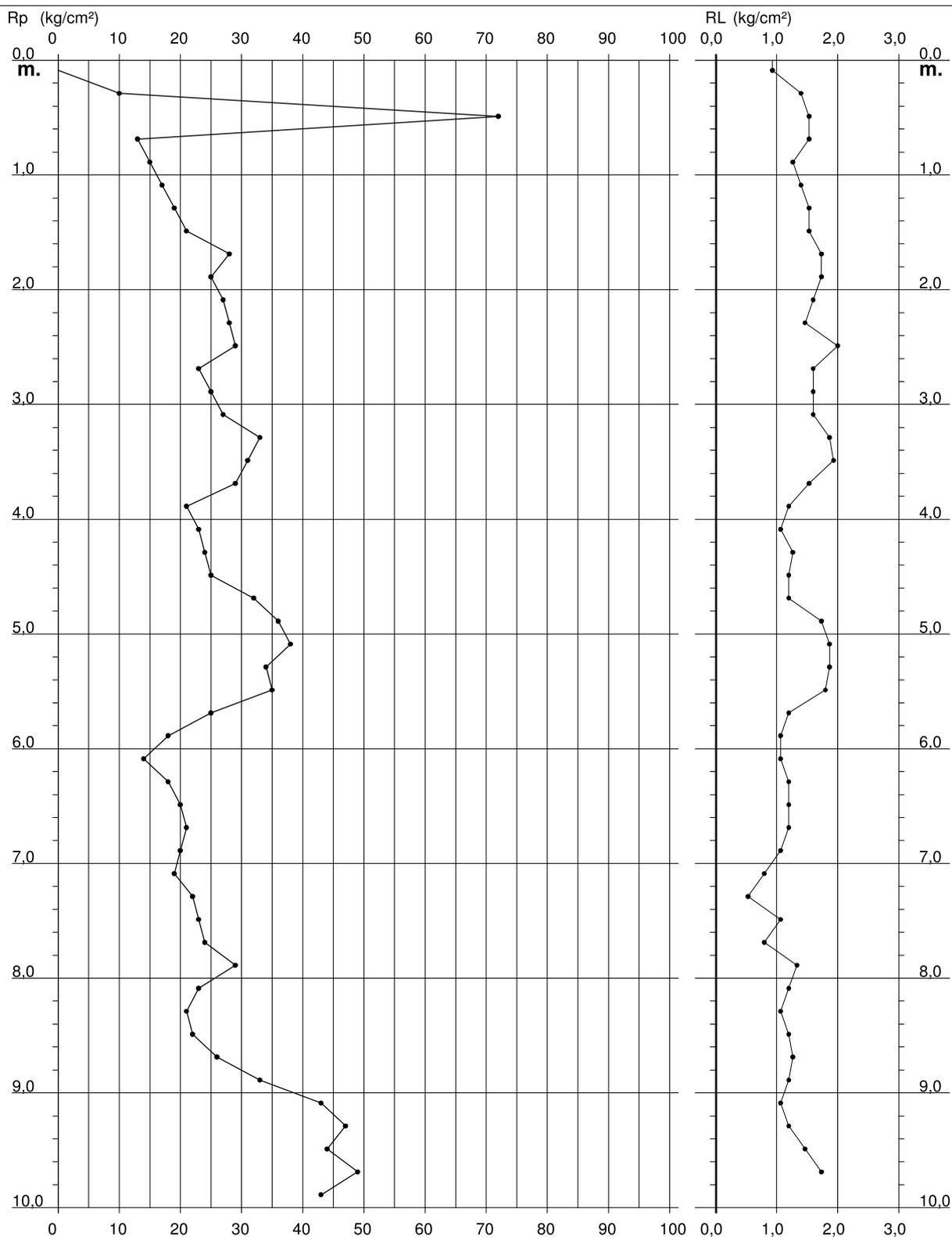
Rifer. 105-08

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 5**

2.010496-071

- committente : Studio Geologico Ortelli
 - lavoro : Ampliamento scuola materna
 - località : Via Serotti - Osteria Grande, Castel S.Pietro
 - note : Falda assente fino fondo foro

- data : 25/06/2008
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



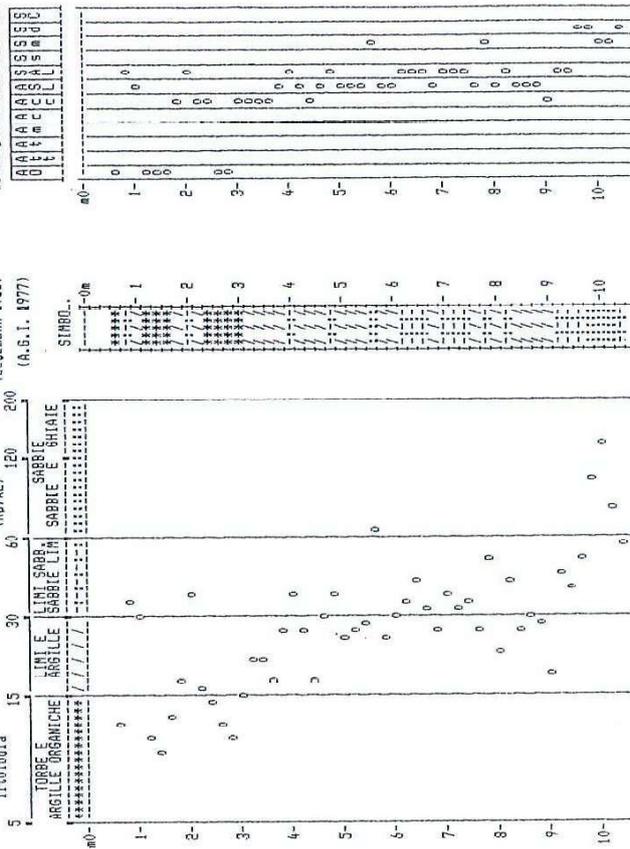
Rifer. : SEFI-SPA

Dr.-Geol. ENZO LUCCHI - Via Lazzarini 21 - Forlì - Tel. 0543/35738

PROVA PENETROMETR. STATICA CPT 9 VALUTAZIONI LITOLOGICHE

data : 26 Marzo 2004
quota inizio : p.c.
prof. falda = 0,00 m da quota inizio
scala profondità z : 1 : 10m
litologia (Schaerbaum 78)

litologia (Rp/RL)

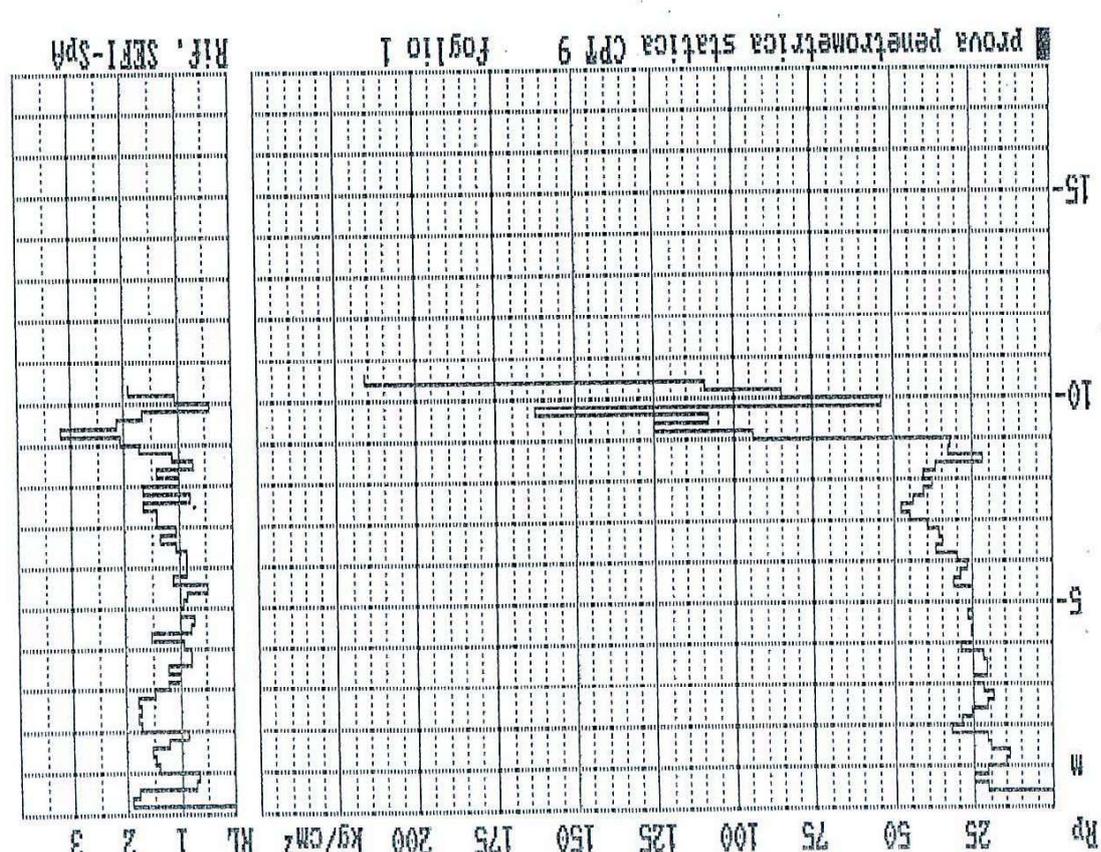


Rifer. : SEFI-SPA

Dr.-Geol. ENZO LUCCHI - Via Lazzarini 21 - Forlì - Tel. 0543/35738

PROVA PENETROMETR. STATICA CPT 9 DIAGRAMMI DI RESISTENZA

data : 26 Marzo 2004
quota inizio : p.c.
prof. falda = 0,00 m da quota inizio



CPT15

Rifer. : SEFI-SpA

Dr. Geol. ENZO LUCCHI - Via Lazzarini 21 - Forlì - Tel. 0549/35738

PROVA PENETROMETR. STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

PROVA PENETROMETR. STATICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

data : 26 Marzo 2004

quota inizio : p.c.
prof. falda = 0,00 m da quota inizio
scala profondità = 1 : 100

PENETROMETRO STATICO tipo SQUIDA da 10 t

Cantiere : OSTERIA GRANDE
Località : Comune di Castel San Pietro Terme - BO
note : Prova eseguita ai margini di un campo arato

data : 26 Marzo 2004

quota inizio : p.c.
prof. falda = 0,00 m da quota inizio

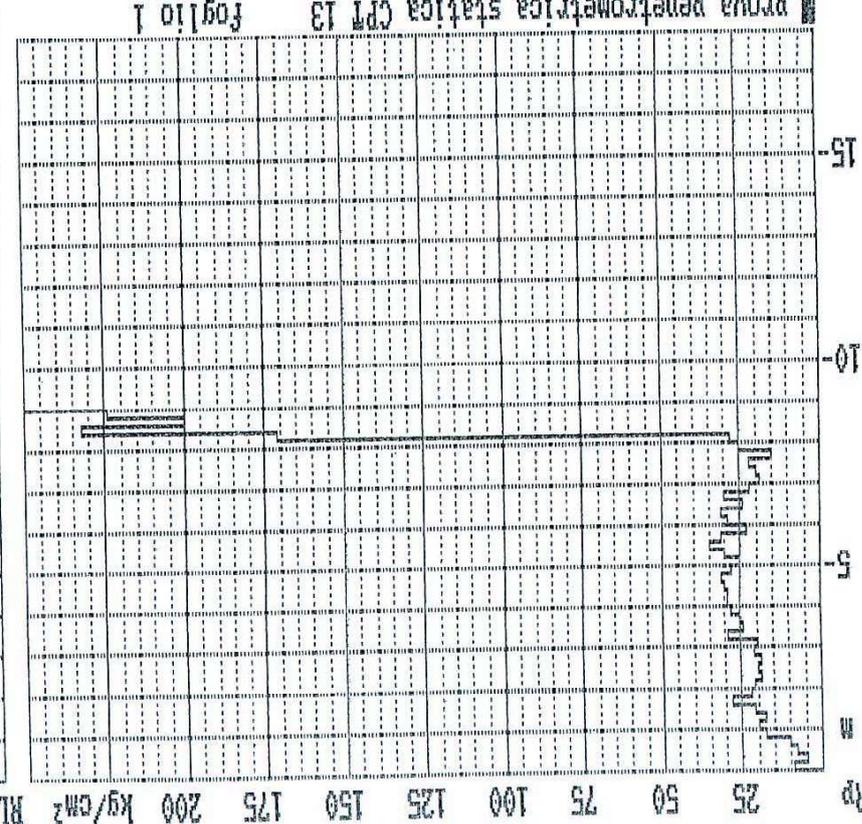
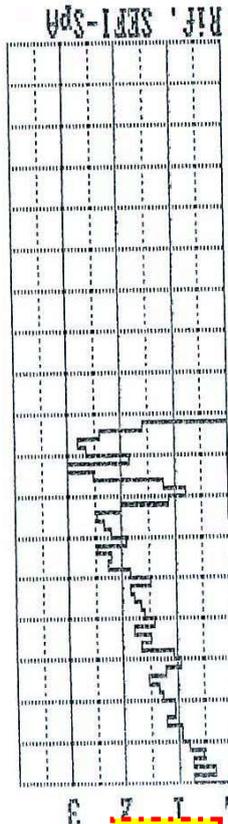
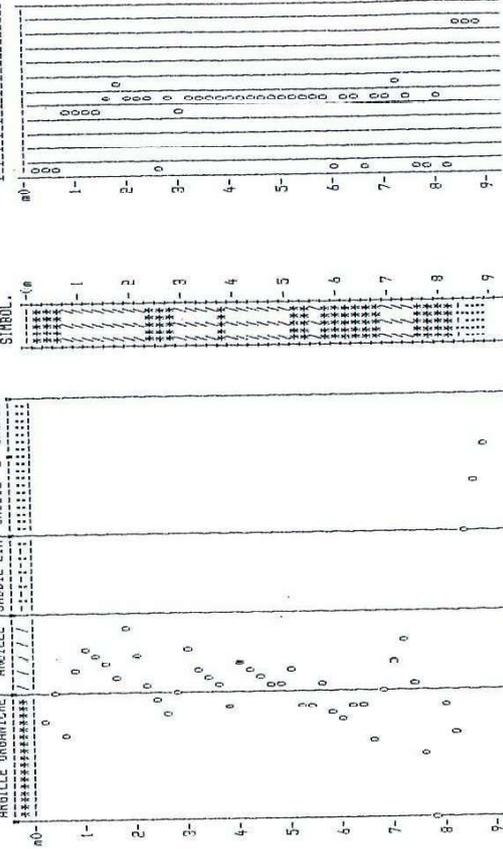
PENETROMETRO STATICO tipo SQUIDA da 10 t

Cantiere : OSTERIA GRANDE
Località : Comune di Castel San Pietro Terme - BO

litologia (Schaertmann 78):

litologia (Begmann 1945):

ARAB. A
ARAB. B
ARAB. C
ARAB. D
ARAB. E
ARAB. F
ARAB. G
ARAB. H
ARAB. I
ARAB. J
ARAB. K
ARAB. L
ARAB. M
ARAB. N
ARAB. O
ARAB. P
ARAB. Q
ARAB. R
ARAB. S
ARAB. T
ARAB. U
ARAB. V
ARAB. W
ARAB. X
ARAB. Y
ARAB. Z
ARAB. AA
ARAB. AB
ARAB. AC
ARAB. AD
ARAB. AE
ARAB. AF
ARAB. AG
ARAB. AH
ARAB. AI
ARAB. AJ
ARAB. AK
ARAB. AL
ARAB. AM
ARAB. AN
ARAB. AO
ARAB. AP
ARAB. AQ
ARAB. AR
ARAB. AS
ARAB. AT
ARAB. AU
ARAB. AV
ARAB. AW
ARAB. AX
ARAB. AY
ARAB. AZ
ARAB. BA
ARAB. BB
ARAB. BC
ARAB. BD
ARAB. BE
ARAB. BF
ARAB. BG
ARAB. BH
ARAB. BI
ARAB. BJ
ARAB. BK
ARAB. BL
ARAB. BM
ARAB. BN
ARAB. BO
ARAB. BP
ARAB. BQ
ARAB. BR
ARAB. BS
ARAB. BT
ARAB. BU
ARAB. BV
ARAB. BW
ARAB. BX
ARAB. BY
ARAB. BZ
ARAB. CA
ARAB. CB
ARAB. CC
ARAB. CD
ARAB. CE
ARAB. CF
ARAB. CG
ARAB. CH
ARAB. CI
ARAB. CJ
ARAB. CK
ARAB. CL
ARAB. CM
ARAB. CN
ARAB. CO
ARAB. CP
ARAB. CQ
ARAB. CR
ARAB. CS
ARAB. CT
ARAB. CU
ARAB. CV
ARAB. CW
ARAB. CX
ARAB. CY
ARAB. CZ
ARAB. DA
ARAB. DB
ARAB. DC
ARAB. DD
ARAB. DE
ARAB. DF
ARAB. DG
ARAB. DH
ARAB. DI
ARAB. DJ
ARAB. DK
ARAB. DL
ARAB. DM
ARAB. DN
ARAB. DO
ARAB. DP
ARAB. DQ
ARAB. DR
ARAB. DS
ARAB. DT
ARAB. DU
ARAB. DV
ARAB. DW
ARAB. DX
ARAB. DY
ARAB. DZ
ARAB. EA
ARAB. EB
ARAB. EC
ARAB. ED
ARAB. EE
ARAB. EF
ARAB. EG
ARAB. EH
ARAB. EI
ARAB. EJ
ARAB. EK
ARAB. EL
ARAB. EM
ARAB. EN
ARAB. EO
ARAB. EP
ARAB. EQ
ARAB. ER
ARAB. ES
ARAB. ET
ARAB. EU
ARAB. EV
ARAB. EW
ARAB. EX
ARAB. EY
ARAB. EZ
ARAB. FA
ARAB. FB
ARAB. FC
ARAB. FD
ARAB. FE
ARAB. FF
ARAB. FG
ARAB. FH
ARAB. FI
ARAB. FJ
ARAB. FK
ARAB. FL
ARAB. FM
ARAB. FN
ARAB. FO
ARAB. FP
ARAB. FQ
ARAB. FR
ARAB. FS
ARAB. FT
ARAB. FU
ARAB. FV
ARAB. FW
ARAB. FX
ARAB. FY
ARAB. FZ
ARAB. GA
ARAB. GB
ARAB. GC
ARAB. GD
ARAB. GE
ARAB. GF
ARAB. GG
ARAB. GH
ARAB. GI
ARAB. GJ
ARAB. GK
ARAB. GL
ARAB. GM
ARAB. GN
ARAB. GO
ARAB. GP
ARAB. GQ
ARAB. GR
ARAB. GS
ARAB. GT
ARAB. GU
ARAB. GV
ARAB. GW
ARAB. GX
ARAB. GY
ARAB. GZ
ARAB. HA
ARAB. HB
ARAB. HC
ARAB. HD
ARAB. HE
ARAB. HF
ARAB. HG
ARAB. HH
ARAB. HI
ARAB. HJ
ARAB. HK
ARAB. HL
ARAB. HM
ARAB. HN
ARAB. HO
ARAB. HP
ARAB. HQ
ARAB. HR
ARAB. HS
ARAB. HT
ARAB. HU
ARAB. HV
ARAB. HW
ARAB. HX
ARAB. HY
ARAB. HZ
ARAB. IA
ARAB. IB
ARAB. IC
ARAB. ID
ARAB. IE
ARAB. IF
ARAB. IG
ARAB. IH
ARAB. II
ARAB. IJ
ARAB. IK
ARAB. IL
ARAB. IM
ARAB. IN
ARAB. IO
ARAB. IP
ARAB. IQ
ARAB. IR
ARAB. IS
ARAB. IT
ARAB. IU
ARAB. IV
ARAB. IW
ARAB. IX
ARAB. IY
ARAB. IZ
ARAB. JA
ARAB. JB
ARAB. JC
ARAB. JD
ARAB. JE
ARAB. JF
ARAB. JG
ARAB. JH
ARAB. JI
ARAB. JJ
ARAB. JK
ARAB. JL
ARAB. JM
ARAB. JN
ARAB. JO
ARAB. JP
ARAB. JQ
ARAB. JR
ARAB. JS
ARAB. JT
ARAB. JU
ARAB. JV
ARAB. JW
ARAB. JX
ARAB. JY
ARAB. JZ
ARAB. KA
ARAB. KB
ARAB. KC
ARAB. KD
ARAB. KE
ARAB. KF
ARAB. KG
ARAB. KH
ARAB. KI
ARAB. KJ
ARAB. KK
ARAB. KL
ARAB. KM
ARAB. KN
ARAB. KO
ARAB. KP
ARAB. KQ
ARAB. KR
ARAB. KS
ARAB. KT
ARAB. KU
ARAB. KV
ARAB. KW
ARAB. KX
ARAB. KY
ARAB. KZ
ARAB. LA
ARAB. LB
ARAB. LC
ARAB. LD
ARAB. LE
ARAB. LF
ARAB. LG
ARAB. LH
ARAB. LI
ARAB. LJ
ARAB. LK
ARAB. LL
ARAB. LM
ARAB. LN
ARAB. LO
ARAB. LP
ARAB. LQ
ARAB. LR
ARAB. LS
ARAB. LT
ARAB. LU
ARAB. LV
ARAB. LW
ARAB. LX
ARAB. LY
ARAB. LZ
ARAB. MA
ARAB. MB
ARAB. MC
ARAB. MD
ARAB. ME
ARAB. MF
ARAB. MG
ARAB. MH
ARAB. MI
ARAB. MJ
ARAB. MK
ARAB. ML
ARAB. MN
ARAB. MO
ARAB. MP
ARAB. MQ
ARAB. MR
ARAB. MS
ARAB. MT
ARAB. MU
ARAB. MV
ARAB. MW
ARAB. MX
ARAB. MY
ARAB. MZ
ARAB. NA
ARAB. NB
ARAB. NC
ARAB. ND
ARAB. NE
ARAB. NF
ARAB. NG
ARAB. NH
ARAB. NI
ARAB. NJ
ARAB. NK
ARAB. NL
ARAB. NM
ARAB. NO
ARAB. NP
ARAB. NQ
ARAB. NR
ARAB. NS
ARAB. NT
ARAB. NU
ARAB. NV
ARAB. NW
ARAB. NX
ARAB. NY
ARAB. NZ
ARAB. OA
ARAB. OB
ARAB. OC
ARAB. OD
ARAB. OE
ARAB. OF
ARAB. OG
ARAB. OH
ARAB. OI
ARAB. OJ
ARAB. OK
ARAB. OL
ARAB. OM
ARAB. ON
ARAB. OO
ARAB. OP
ARAB. OQ
ARAB. OR
ARAB. OS
ARAB. OT
ARAB. OU
ARAB. OV
ARAB. OW
ARAB. OX
ARAB. OY
ARAB. OZ
ARAB. PA
ARAB. PB
ARAB. PC
ARAB. PD
ARAB. PE
ARAB. PF
ARAB. PG
ARAB. PH
ARAB. PI
ARAB. PJ
ARAB. PK
ARAB. PL
ARAB. PM
ARAB. PN
ARAB. PO
ARAB. PP
ARAB. PQ
ARAB. PR
ARAB. PS
ARAB. PT
ARAB. PU
ARAB. PV
ARAB. PW
ARAB. PX
ARAB. PY
ARAB. PZ
ARAB. QA
ARAB. QB
ARAB. QC
ARAB. QD
ARAB. QE
ARAB. QF
ARAB. QG
ARAB. QH
ARAB. QI
ARAB. QJ
ARAB. QK
ARAB. QL
ARAB. QM
ARAB. QN
ARAB. QO
ARAB. QP
ARAB. QQ
ARAB. QR
ARAB. QS
ARAB. QT
ARAB. QU
ARAB. QV
ARAB. QW
ARAB. QX
ARAB. QY
ARAB. QZ
ARAB. RA
ARAB. RB
ARAB. RC
ARAB. RD
ARAB. RE
ARAB. RF
ARAB. RG
ARAB. RH
ARAB. RI
ARAB. RJ
ARAB. RK
ARAB. RL
ARAB. RM
ARAB. RN
ARAB. RO
ARAB. RP
ARAB. RQ
ARAB. RR
ARAB. RS
ARAB. RT
ARAB. RU
ARAB. RV
ARAB. RW
ARAB. RX
ARAB. RY
ARAB. RZ
ARAB. SA
ARAB. SB
ARAB. SC
ARAB. SD
ARAB. SE
ARAB. SF
ARAB. SG
ARAB. SH
ARAB. SI
ARAB. SJ
ARAB. SK
ARAB. SL
ARAB. SM
ARAB. SN
ARAB. SO
ARAB. SP
ARAB. SQ
ARAB. SR
ARAB. SS
ARAB. ST
ARAB. SU
ARAB. SV
ARAB. SW
ARAB. SX
ARAB. SY
ARAB. SZ
ARAB. TA
ARAB. TB
ARAB. TC
ARAB. TD
ARAB. TE
ARAB. TF
ARAB. TG
ARAB. TH
ARAB. TI
ARAB. TJ
ARAB. TK
ARAB. TL
ARAB. TM
ARAB. TN
ARAB. TO
ARAB. TP
ARAB. TQ
ARAB. TR
ARAB. TS
ARAB. TT
ARAB. TU
ARAB. TV
ARAB. TW
ARAB. TX
ARAB. TY
ARAB. TZ
ARAB. UA
ARAB. UB
ARAB. UC
ARAB. UD
ARAB. UE
ARAB. UF
ARAB. UG
ARAB. UH
ARAB. UI
ARAB. UJ
ARAB. UK
ARAB. UL
ARAB. UM
ARAB. UN
ARAB. UO
ARAB. UP
ARAB. UQ
ARAB. UR
ARAB. US
ARAB. UT
ARAB. UY
ARAB. UZ
ARAB. VA
ARAB. VB
ARAB. VC
ARAB. VD
ARAB. VE
ARAB. VF
ARAB. VG
ARAB. VH
ARAB. VI
ARAB. VJ
ARAB. VK
ARAB. VL
ARAB. VM
ARAB. VN
ARAB. VO
ARAB. VP
ARAB. VQ
ARAB. VR
ARAB. VS
ARAB. VT
ARAB. VU
ARAB. VV
ARAB. VW
ARAB. VX
ARAB. VY
ARAB. VZ
ARAB. WA
ARAB. WB
ARAB. WC
ARAB. WD
ARAB. WE
ARAB. WF
ARAB. WG
ARAB. WH
ARAB. WI
ARAB. WJ
ARAB. WK
ARAB. WL
ARAB. WM
ARAB. WN
ARAB. WO
ARAB. WP
ARAB. WQ
ARAB. WR
ARAB. WS
ARAB. WT
ARAB. WU
ARAB. WV
ARAB. WW
ARAB. WX
ARAB. WY
ARAB. WZ
ARAB. XA
ARAB. XB
ARAB. XC
ARAB. XD
ARAB. XE
ARAB. XF
ARAB. XG
ARAB. XH
ARAB. XI
ARAB. XJ
ARAB. XK
ARAB. XL
ARAB. XM
ARAB. XN
ARAB. XO
ARAB. XP
ARAB. XQ
ARAB. XR
ARAB. XS
ARAB. XT
ARAB. XU
ARAB. XV
ARAB. XW
ARAB. XX
ARAB. XY
ARAB. XZ
ARAB. YA
ARAB. YB
ARAB. YC
ARAB. YD
ARAB. YE
ARAB. YF
ARAB. YG
ARAB. YH
ARAB. YI
ARAB. YJ
ARAB. YK
ARAB. YL
ARAB. YM
ARAB. YN
ARAB. YO
ARAB. YP
ARAB. YQ
ARAB. YR
ARAB. YS
ARAB. YT
ARAB. YU
ARAB. YV
ARAB. YW
ARAB. YX
ARAB. YY
ARAB. YZ
ARAB. ZA
ARAB. ZB
ARAB. ZC
ARAB. ZD
ARAB. ZE
ARAB. ZF
ARAB. ZG
ARAB. ZH
ARAB. ZI
ARAB. ZJ
ARAB. ZK
ARAB. ZL
ARAB. ZM
ARAB. ZN
ARAB. ZO
ARAB. ZP
ARAB. ZQ
ARAB. ZR
ARAB. ZS
ARAB. ZT
ARAB. ZU
ARAB. ZV
ARAB. ZW
ARAB. ZX
ARAB. ZY
ARAB. ZZ



Rif. SEFI-SpA foglio 1 prova penetrometrica statica CPT 13

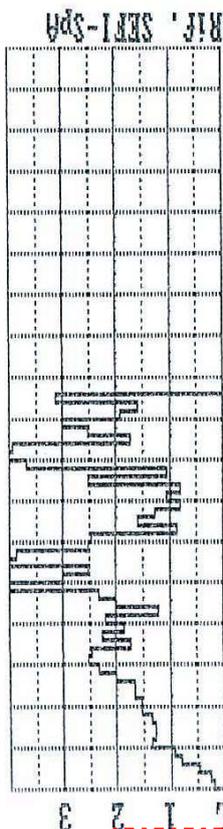
CPT 177

Dr.-Geo. ENZO LUCCHI - Via Lazzarini 21 - Forlì - Tel. 0543/35738

Rifer. : SEFI-SPA

PROVA PENETROMETR. STATICA CPT 14
DIAGRAMMI DI RESISTENZA RZ-SP-9)

PENETROMETRO STATICO tipo SQUADRA da 10 t
Cantiere : OSTERIA GRANDE
Località : Comune di Castel San Pietro Terme - 80
data : 26 Marzo 2004
quota inizio : p.c.
prof. falda = 5,00 m da quota inizio



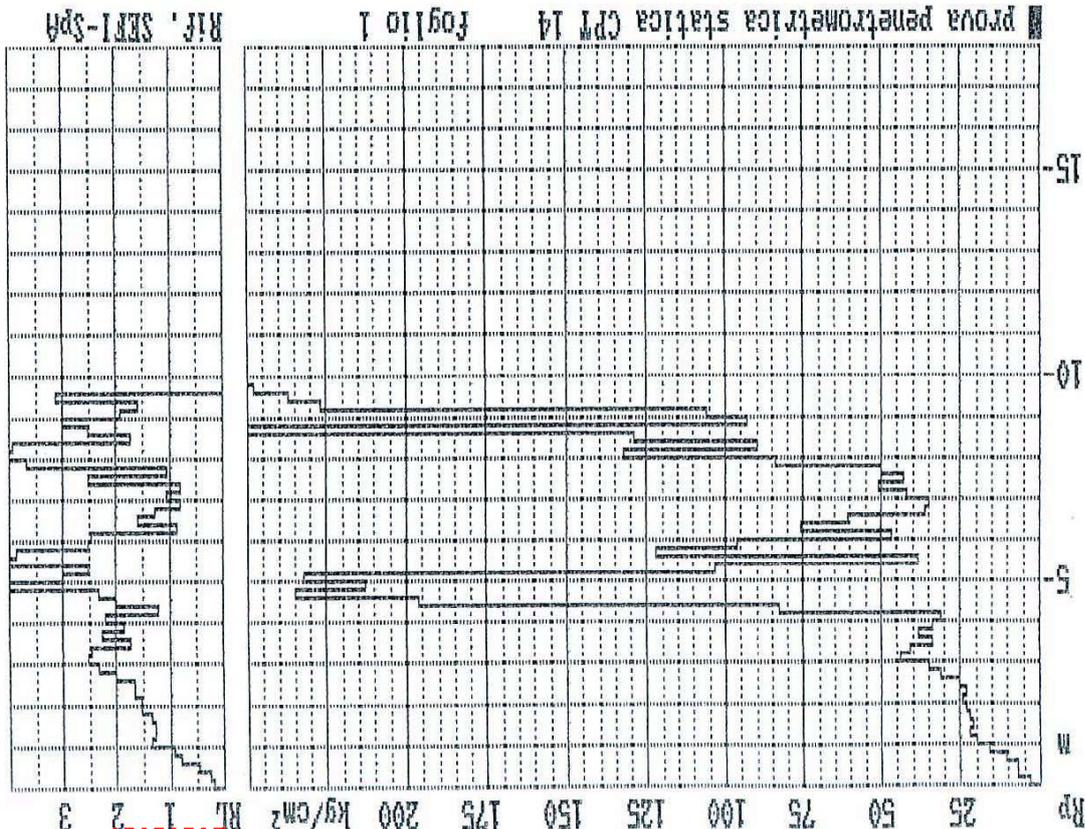
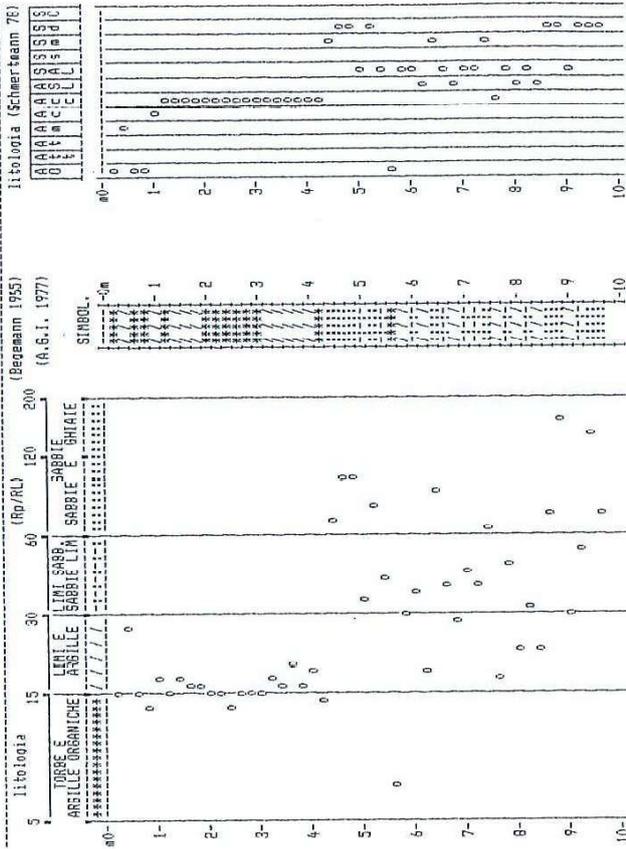
CPT178

Dr.-Geo. ENZO LUCCHI - Via Lazzarini 21 - Forlì - Tel. 0543/35738

Rifer. : SEFI-SPA

PROVA PENETROMETR. STATICA CPT 14
VALUTAZIONI LITOLOGICHE RZ-SP-9)

PENETROMETRO STATICO tipo SQUADRA da 10 t
Cantiere : OSTERIA GRANDE
Località : Comune di Castel San Pietro Terme - 80
note : Prova eseguita a quota inf. rispetto alle altre : -3/4m
data : 26 Marzo 2004
quota inizio : p.c.
prof. falda = 5,00 m da quota inizio
scala profondità z : 1 : 100



56

CCIAA 125249 Albo Naz. Costr. 2010810
edilpali
 40127 BOLOGNA
 VIALE DELLA REPUBBLICA, 25
 TEL. 51.63.52 - 51.51.89

PROVA PENETROMETRICA N.° 1
 221Reo21a

COMMITTENTE: COMUNE DI CASTEL S. PIETRO
 LOCALITA': OSTERIA GRANDE (Bocciadoromo)
 CANTIERE:

DATA: APRILE 1985

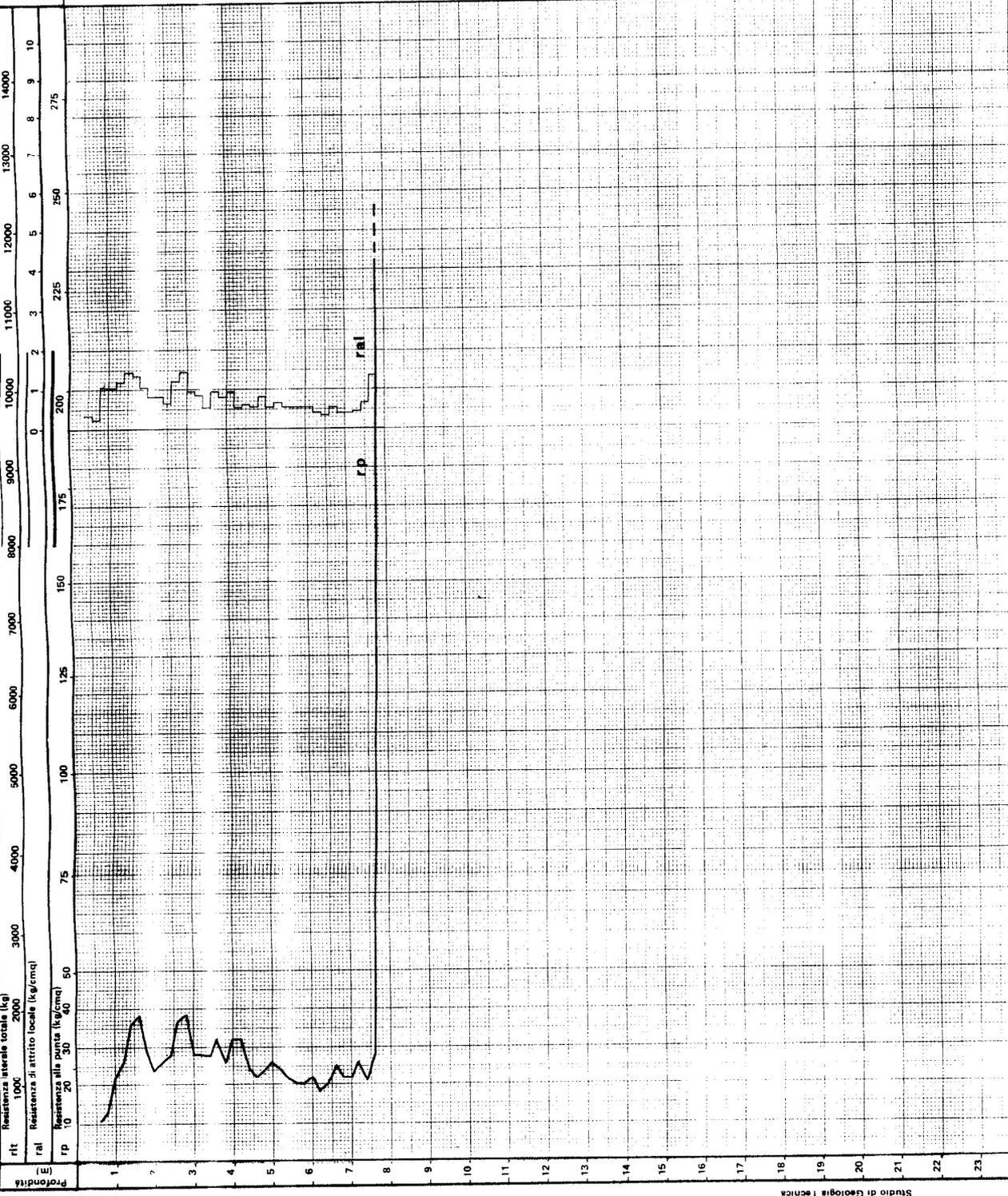
SEZIONE GEOTECNICA

SARATELLA

IL GEOLOGO

Classificazione dei terreni secondo la teoria di Begmann

Argille molli	
Argille	
Argille limose	
Limiti argillosi	
Limiti sabbiosi	
Sabbie limose	
Sabbie fini	
Sabbie grosse	
Ghiaie e sabbie	



Part. IVA: 00517560371

Studio di Geologia Tecnica

B

**Analisi
Tomografiche**
- da Bibliografia -

ANALISI TROMOGRAFICA

HVSR ORTALLI

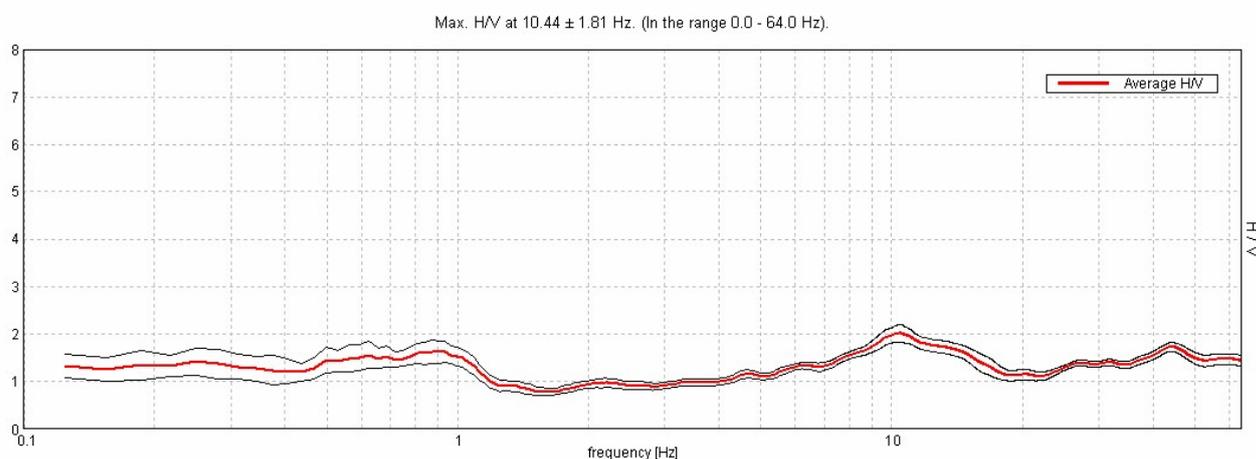
ESTRATTA DA:

"Relazione sull'Indagine geologica e geotecnica eseguita presso il plesso scolastico di Via Serotti, Località Osteria Grande, Comune di Castel San Pietro Terme per l'ampliamento della Scuola Primaria Serotti, della Scuola Materna Grandi e dell'Asilo Nido Arcobaleno"

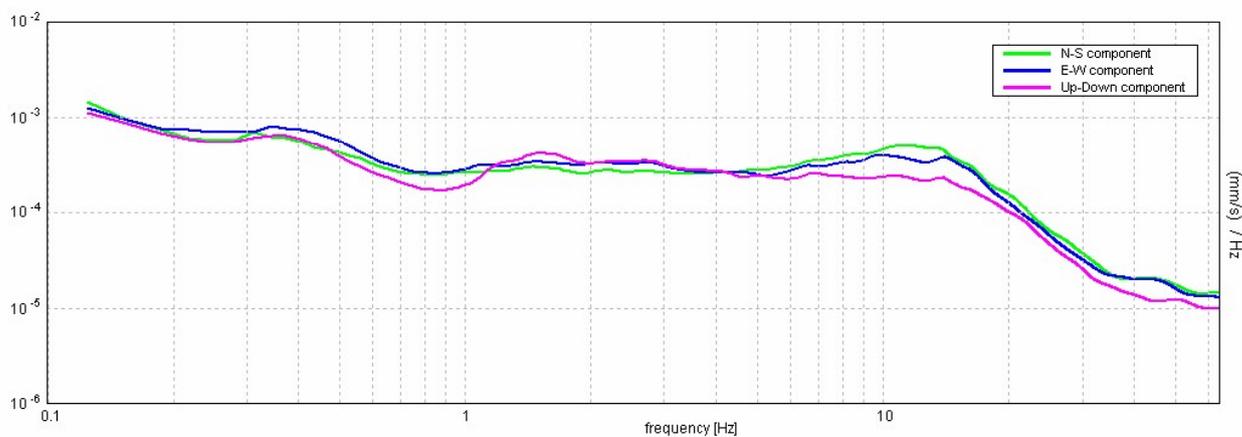
a cura di:

Studio Geologico Associato Ortelli - Faenza

Di seguito si riportano le risultanze dell'indagine elaborate graficamente:

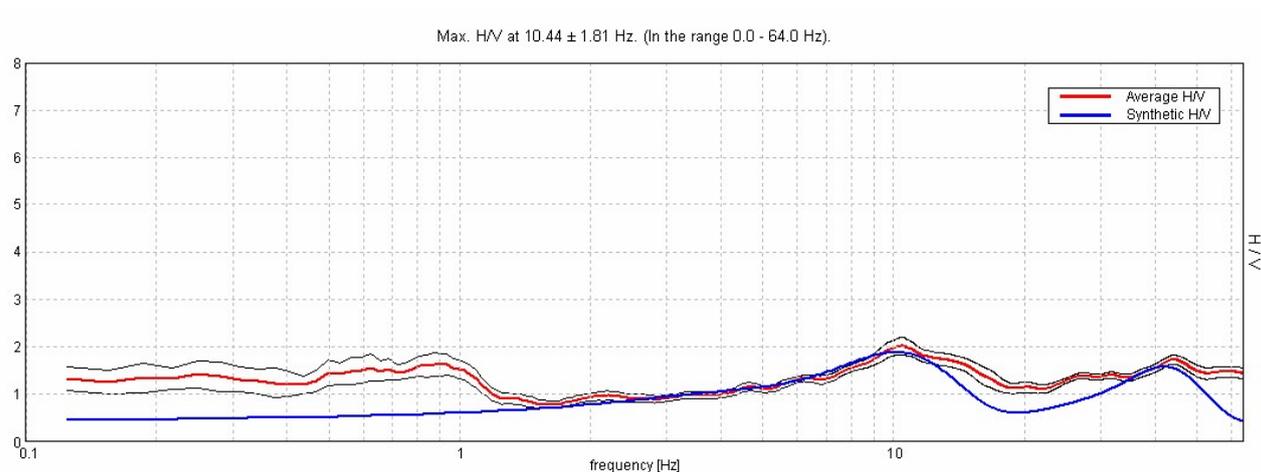


Curva H/V media su frequenza: la linea rossa corrisponde alla media dei tremori registrati, mentre le 2 linee nere corrispondono all'intervallo di confidenza del 95%

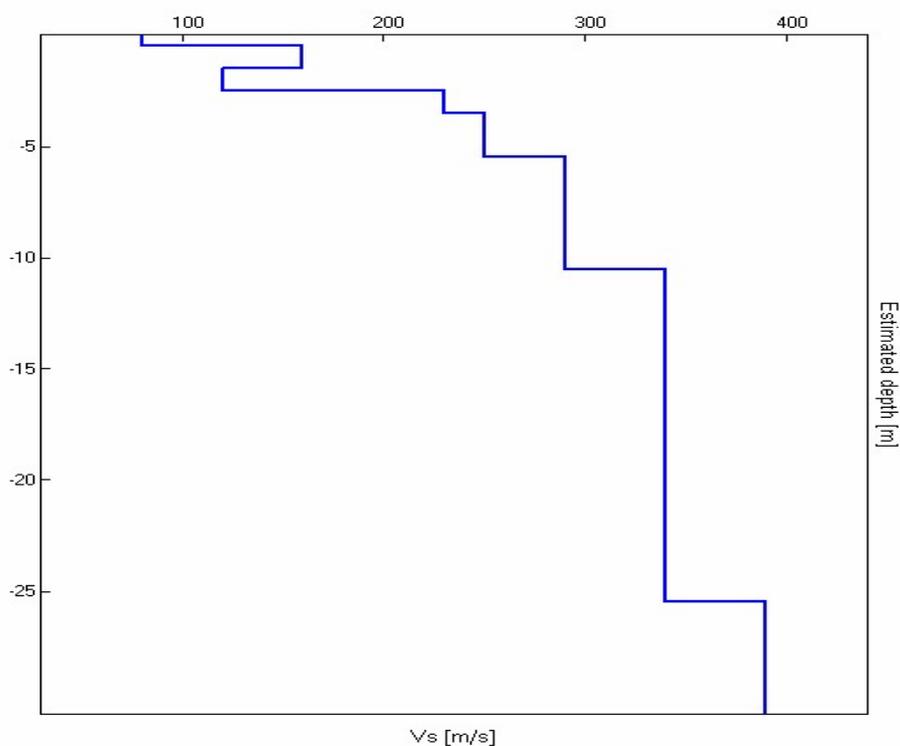


Spettro di ampiezza in velocità delle tre componenti del moto

Dall'elaborazione dei due grafici soprariportati si può ottenere la curva sintetica H/V basata sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli, secondo la teoria descritta in Aki (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981), di cui di seguito si riporta l'elaborazione grafica.



Curva H/V media su frequenza: la linea rossa corrisponde alla media dei tremori registrati mentre la linea blu corrisponde alla curva sintetica



Profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) stimato per il sottosuolo sulla base dell'inversione vincolata della curva H/V.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.50	0.50	80
1.50	1.00	160
2.50	1.00	120
3.50	1.00	230
5.50	2.00	250
10.50	5.00	290
25.50	15.00	340
inf.	inf.	390

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno va calcolata ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, ex DM 14/09/2005) con la seguente formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove h_i e V_{S_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

Ne consegue una velocità delle onde sismiche secondarie V_{S30} pari a 283 m/s che corrisponde ad una *categoria di suolo di fondazione tipo C*, ossia *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a m 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra m/s 180 e 360 (ovvero resistenza penetrometrica $15 < N_{SPT} < 50$, o coesione non drenata $70 < c_u < 250$ kPa).

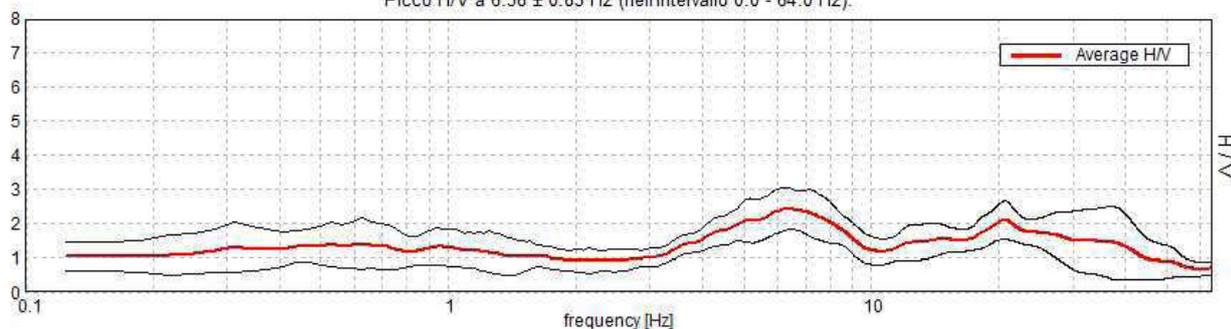
N_C_IMOLESE, CASTEL SAN PIETRO 25

Strumento: TRZ-0187/01-12
 Inizio registrazione: 07/12/12 16:59:15 Fine registrazione: 07/12/12 17:19:15
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS UTM 32 T 700496 4921853

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

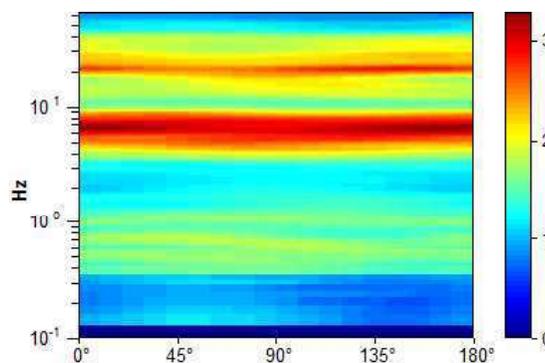
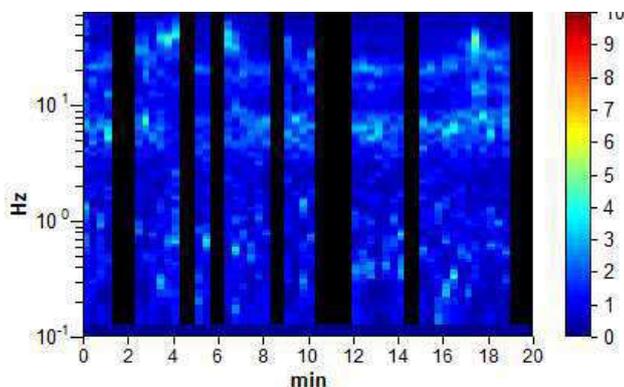
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 6.38 ± 0.83 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

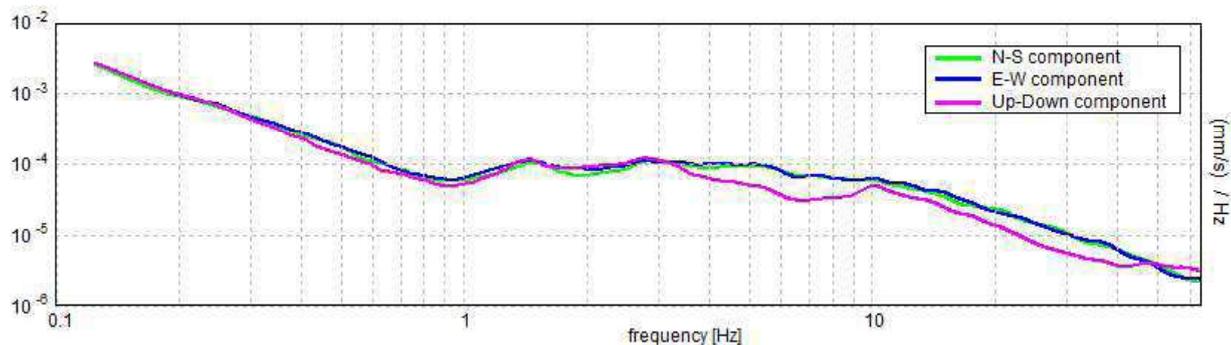


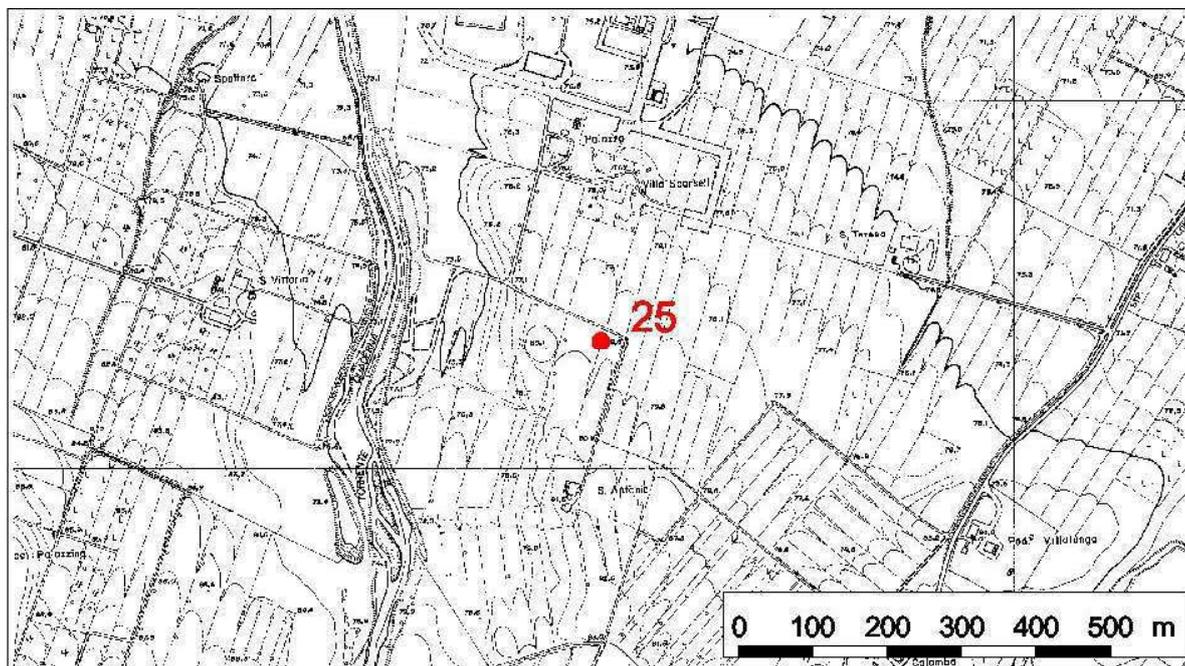
SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V

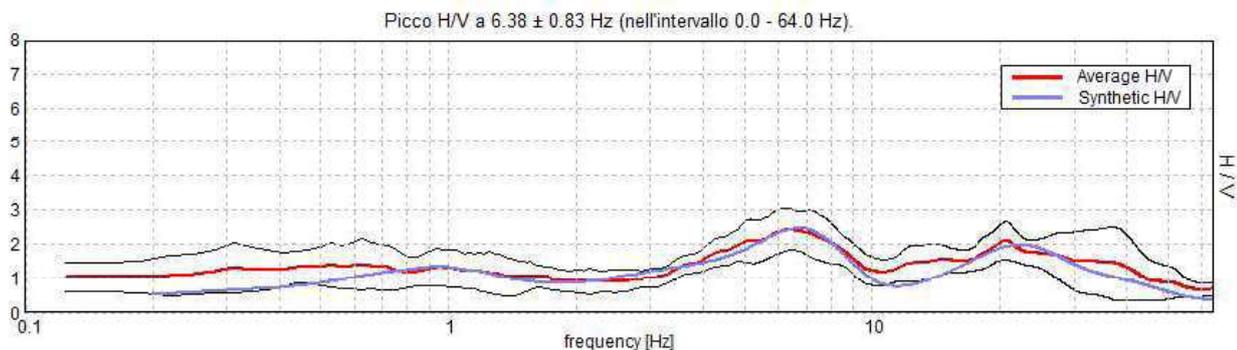


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



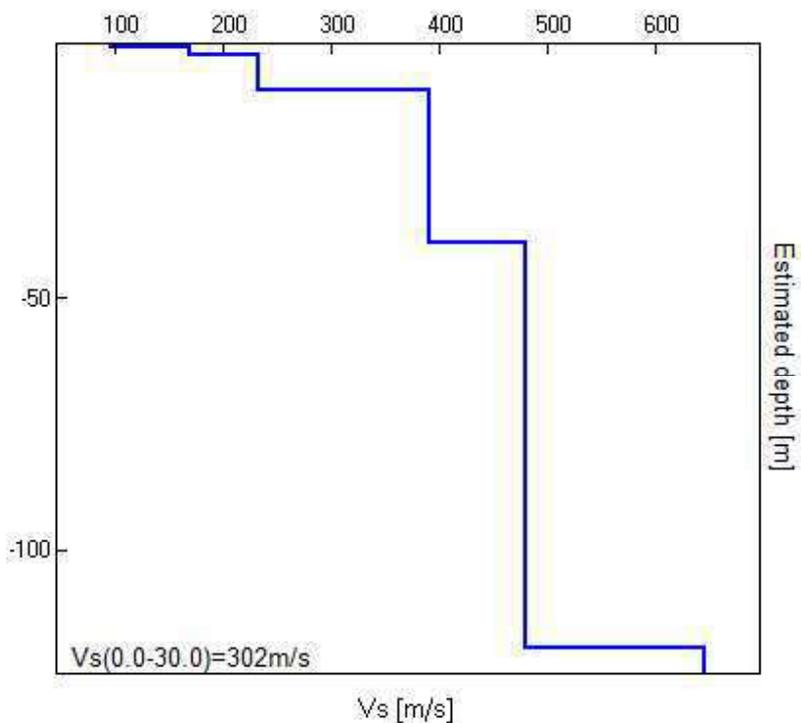


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.65	0.65	96	0.42
2.15	1.50	168	0.42
9.15	7.00	232	0.48
39.15	30.00	390	0.48
119.15	80.00	480	0.48
inf.	inf.	645	0.48

Vs(0.0-30.0)=302m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 6.38 ± 0.83 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5227.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 307	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.375 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.42 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12973 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.82706 < 0.31875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6119 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Indagini sismiche attive in onde di superficie
- MASW -**

- da Bibliografia -

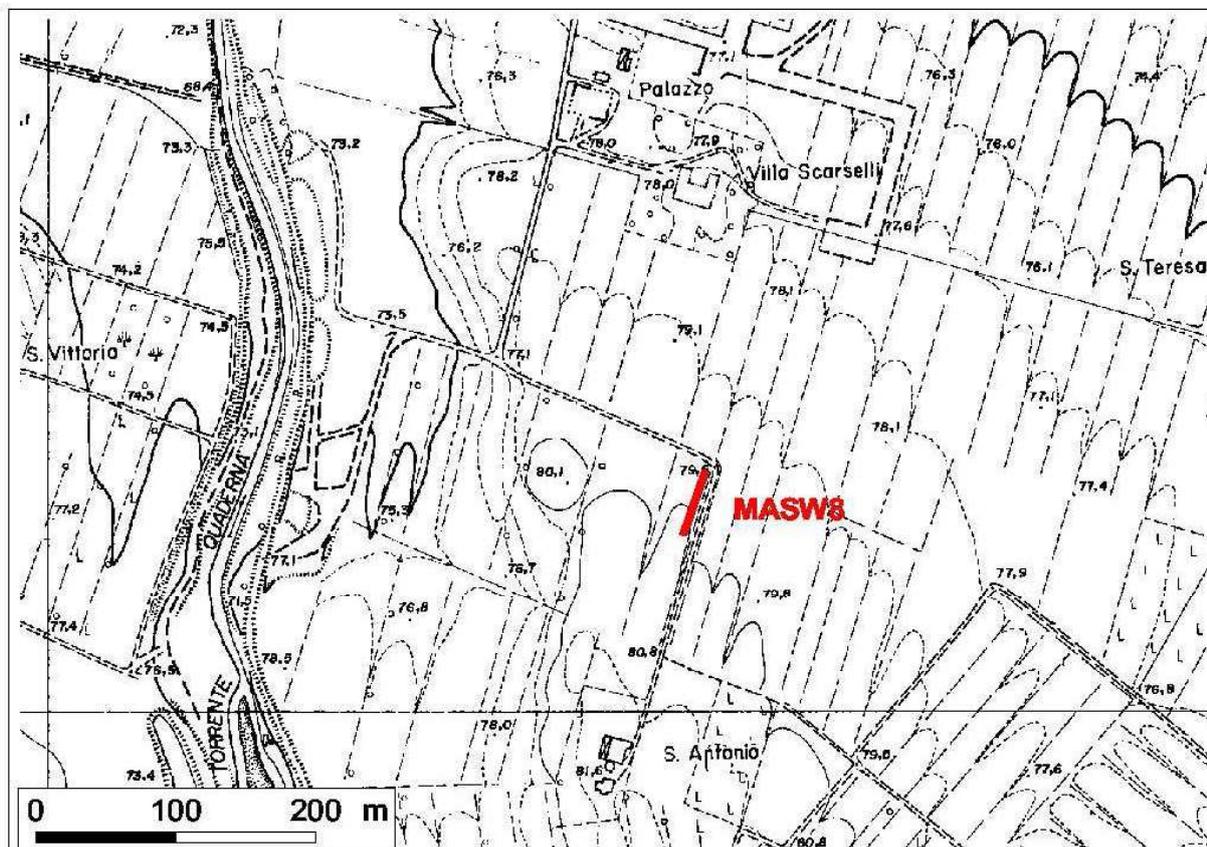
Indagini sismiche per la microzonazione sismica dei territori dei comuni del Nuovo Circondario Imolese



Studio Tecnico
Associato

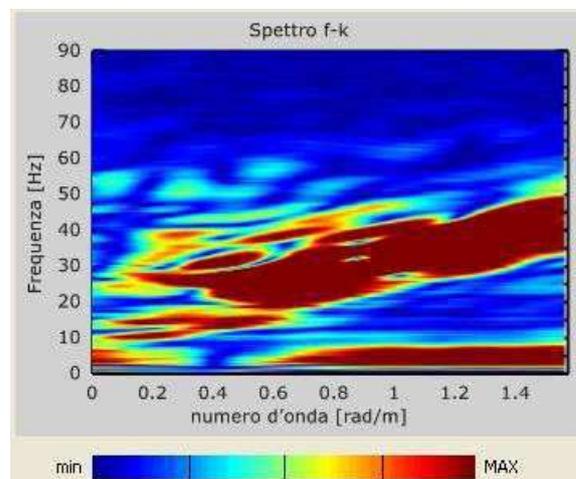
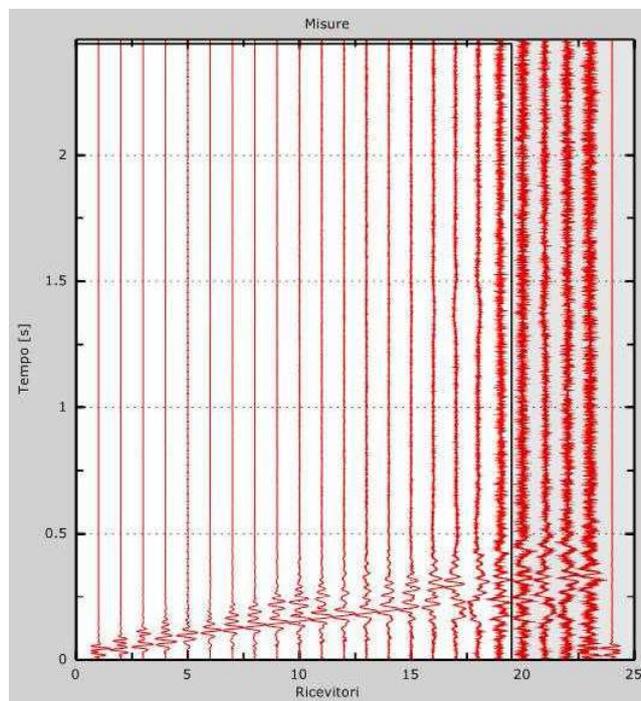
MASW 8

Ubicazione

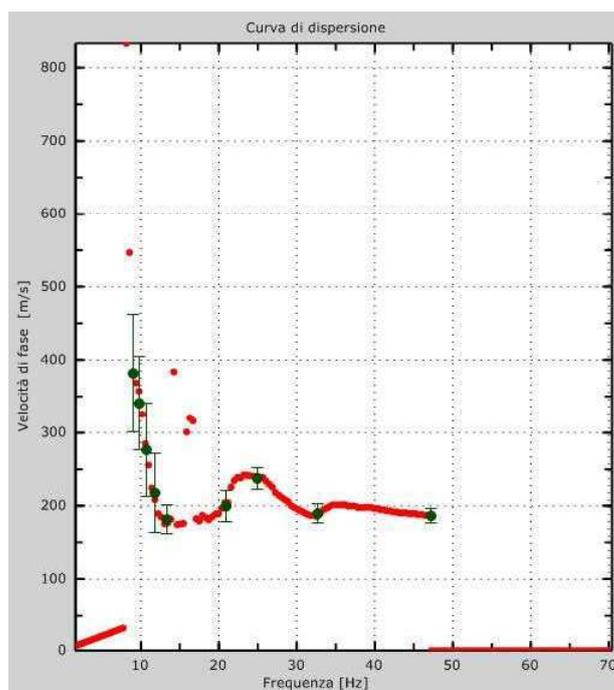


MASW 8

Sismogrammi e spettro f-k

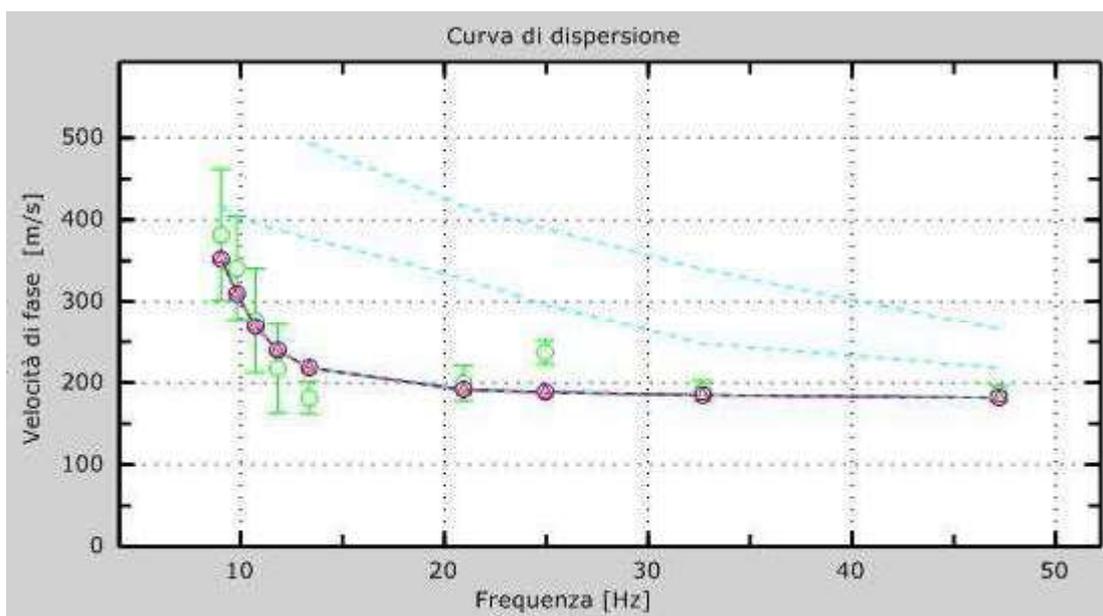


Curva sperimentale e picking

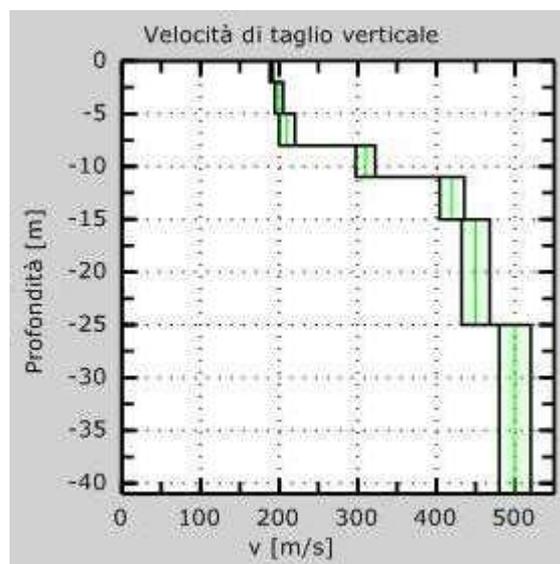


MASW 8

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità con curva effettiva (in blu)-discrepanza 10% e con curva apparente (in rosso)-discrepanza 10%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1 sigma-8%)



MASW 8

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità crescente con la profondità ed evidente incremento del gradiente di velocità tra gli 8 e i 10 m di profondità rispetto al piano campagna. A tale quota si riscontra un passaggio da velocità V_s dell'ordine di 190-210 m/s (argille limose e limi argillosi) a 300-450 m/s (probabili depositi ghiaiosi), coerentemente con quanto indicato da alcune prove penetrometriche da archivio eseguite in passato in aree limitrofe andate a rifiuto profondità di circa 8-10 m.

Durante l'acquisizione di campagna si è riscontrata una forte rumorosità del sito per la presenza di macchine operatrici in azione in un vicino cantiere edile.

Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW8

Strato	Descrizione	h [m]	z [m]	Densità [kg/m ³]	Poisson	Vs [m/s]	Vp [m/s]
1	Depositi prevalentemente argilloso-limosi	2	-2	1800	0.4	190	465
2		3	-5	1800	0.4	200	490
3		3	-8	1800	0.48	210	1071
4	Banchi argillosi alternati ad orizzonti argillosi	3	-11	1800	0.48	310	1581
5		4	-15	1800	0.48	420	2142
6		5	-20	1800	0.48	450	2295
7		5	-25	1800	0.48	450	2295
8		6	-31	1800	0.48	500	2550
9		∞	-∞	1800	0.48	500	2550

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un V_{s30} pari a circa 328 m/s.

**Scheda pozzo idrico
della rete di Controllo Regionale
ubicato ad Osteria Grande**

Seleziona la lingua Italiano



Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli



L'acqua in Emilia-Romagna
Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua

Pozzo	
Codice	BO59-00
Nome della Banca Dati	Emilia-Romagna Region (Italy)
Profondità del pozzo	72.0 metri
Quota del piano di campagna	69.75 metri
Livello di riferimento	Livello medio del mare Adriatico
Sistema di riferimento	Coordinate UTM 32 Nord (Datum ED50)
Coordinata X	700902.0
Coordinata Y	4922600.0
Ente gestore	Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua - Regione Emilia-Romagna
Ente responsabile	ARPA - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente - Regione Emilia-Romagna
Uso	Inattivo
Data della prima misura	11-10-1976
Data dell'ultima misura	09-05-2002



Livello piezometrico (metri s.l.m.) minimo: 55.04 massimo: 65.96

Acquifero (Classificazione secondo riserve idriche sotterranee RER) [Apri](#)

Codice A2,A3,A4

Grafico del Parametro: Livello piezometrico

Unità di misura	metri				
65.95					
63.23					
60.5					
57.77					
55.04	1976-10-11	1983-3-4	1989-7-25	1995-12-16	2002-5-9

Data prelievo	Valore	Soggiacenza
09-05-2002	62.14	7.61

03-12-1998	62.94	6.81
27-10-1998	62.99	6.76
22-09-1998	62.94	6.81
02-12-1997	63.94	5.81
13-10-1997	63.74	6.01
28-07-1997	64.04	5.71
25-06-1997	64.54	5.21
29-10-1996	64.59	5.16
11-09-1996	63.98	5.77
03-07-1996	64.19	5.56
12-12-1995	63.44	6.31
12-09-1995	62.69	7.06
21-07-1995	61.14	8.61
11-05-1995	60.44	9.31
15-11-1994	59.84	9.91
08-10-1994	58.14	11.61
25-06-1994	58.87	10.88
12-05-1994	58.53	11.22
14-12-1993	58.96	10.79
07-10-1993	57.93	11.82
07-07-1993	58.01	11.74
13-04-1993	58.39	11.36
21-10-1992	55.04	14.71
16-09-1992	56.79	12.96
11-10-1991	57.06	12.69
16-04-1991	57.24	12.51
15-01-1991	61.79	7.96
16-10-1990	57.52	12.23
25-07-1990	55.48	14.27
30-05-1990	57.35	12.4
27-02-1990	56.95	12.8
20-11-1989	57.13	12.62
16-08-1989	57.56	12.19
02-05-1989	57.74	12.01
08-02-1989	59.92	9.83
27-10-1988	60.39	9.36
08-08-1988	60.53	9.22
21-04-1988	61.26	8.49
17-02-1988	60.8	8.95
03-12-1987	63.86	5.89
01-07-1987	64.64	5.11
15-04-1987	64.66	5.09
04-02-1987	65.92	3.83
13-10-1986	63.83	5.92
03-07-1986	64.78	4.97
22-04-1986	65.39	4.36
21-01-1986	63.9	5.85
15-10-1985	63.82	5.93
07-07-1985	64.62	5.13
10-04-1985	65.4	4.35
07-02-1985	65.96	3.79
09-10-1984	64.36	5.39
18-07-1984	63.66	6.09
12-04-1984	63.68	6.07
26-01-1984	65.88	3.87
05-10-1983	62.4	7.35
27-07-1983	63.55	6.2
13-04-1983	64.14	5.61
21-01-1983	65.76	3.99
06-10-1982	65.28	4.47
07-07-1982	64.22	5.53
22-04-1982	65.14	4.61
14-01-1982	64.35	5.4
08-10-1981	64.69	5.06
08-07-1981	64.84	4.91
22-04-1981	65.4	4.35
21-01-1981	65.24	4.51
09-10-1980	64.44	5.31
30-07-1980	65.21	4.54
15-04-1980	65.04	4.71
24-01-1980	65.84	3.91
09-10-1979	64.12	5.63
09-07-1979	64.14	5.61
12-04-1979	63.54	6.21
23-01-1979	62.04	7.71
06-10-1978	59.54	10.21
05-07-1978	61.44	8.31
20-04-1978	61.54	8.21
17-02-1978	61.44	8.31
12-12-1977	60.94	8.81
15-07-1977	60.54	9.21
06-05-1977	58.51	11.24
27-01-1977	60.74	9.01
11-10-1976	60.19	9.56



Grafico del Parametro: Nitrati

Unità di misura

mg/L

44

33.12

22.25

11.37

0.5

1987-12-3

1990-6-5

1992-12-6

1995-6-9

1997-12-11

Data prelievo	Valore
11-12-1997	< 1.0
22-05-1997	< 1.0
21-11-1996	< 1.0
27-05-1996	23.5
30-10-1995	32.5
22-05-1995	44.0
31-10-1994	41.3
16-05-1994	28.0
04-11-1993	42.6
26-04-1993	40.2
05-11-1992	37.7
18-05-1992	28.7
11-11-1991	37.7
15-04-1991	28.6
12-11-1990	36.1
16-05-1990	35.3
21-12-1989	31.5
04-05-1989	27.2
21-11-1988	22.8
02-06-1988	27.7
03-12-1987	15.0

- Analisi chimica Data prelievo: 1997-12-11
- Analisi chimica Data prelievo: 1997-05-22
- Analisi chimica Data prelievo: 1996-11-21
- Analisi chimica Data prelievo: 1996-05-27
- Analisi chimica Data prelievo: 1995-10-30
- Analisi chimica Data prelievo: 1995-05-22
- Analisi chimica Data prelievo: 1994-10-31
- Analisi chimica Data prelievo: 1994-05-16
- Analisi chimica Data prelievo: 1993-11-04
- Analisi chimica Data prelievo: 1993-04-26
- Analisi chimica Data prelievo: 1992-11-05
- Analisi chimica Data prelievo: 1992-05-18
- Analisi chimica Data prelievo: 1991-11-11
- Analisi chimica Data prelievo: 1991-04-15
- Analisi chimica Data prelievo: 1990-11-12
- Analisi chimica Data prelievo: 1990-05-16
- Analisi chimica Data prelievo: 1989-12-21
- Analisi chimica Data prelievo: 1989-05-04
- Analisi chimica Data prelievo: 1988-11-21
- Analisi chimica Data prelievo: 1988-06-02
- Analisi chimica Data prelievo: 1987-12-03

**Tavola 8 “*Subsidenza*”
del Quadro Conoscitivo del PSC
del Comune di Castel San Pietro Terme**

- non in scala -

PSCE
plano strutturale comunale
circondario imolese

NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE
 Presidente: Franco Lorenzi
 Sindaco: Stefania Dazzani
 Sindaco: Roberto Pini
 Sindaco: Salvatore Cavini
 Sindaco: Dino Landi
 Sindaco: Vincenzo Zaccchioli
 Sindaco: Antonio Borghi
 Sindaco: Vanna Vercelli
 Sindaco: Daniele Manca
 Sindaco: Nara Rebecchi
 Sindaco: Roberto Andati

Responsabile di progetto per QC e DP: Arch. Moreno Danni
 Responsabile di progetto per il PSC/RUE da ottobre 2010: Arch. Ivano Serenatore

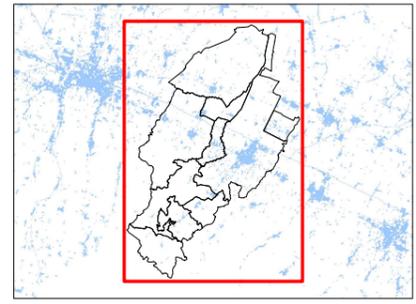
QUADRO CONOSCITIVO
Sistema ambientale
 Aspetti geologici

VOLUME 2
 Tav. 8

SUBSIDENZA

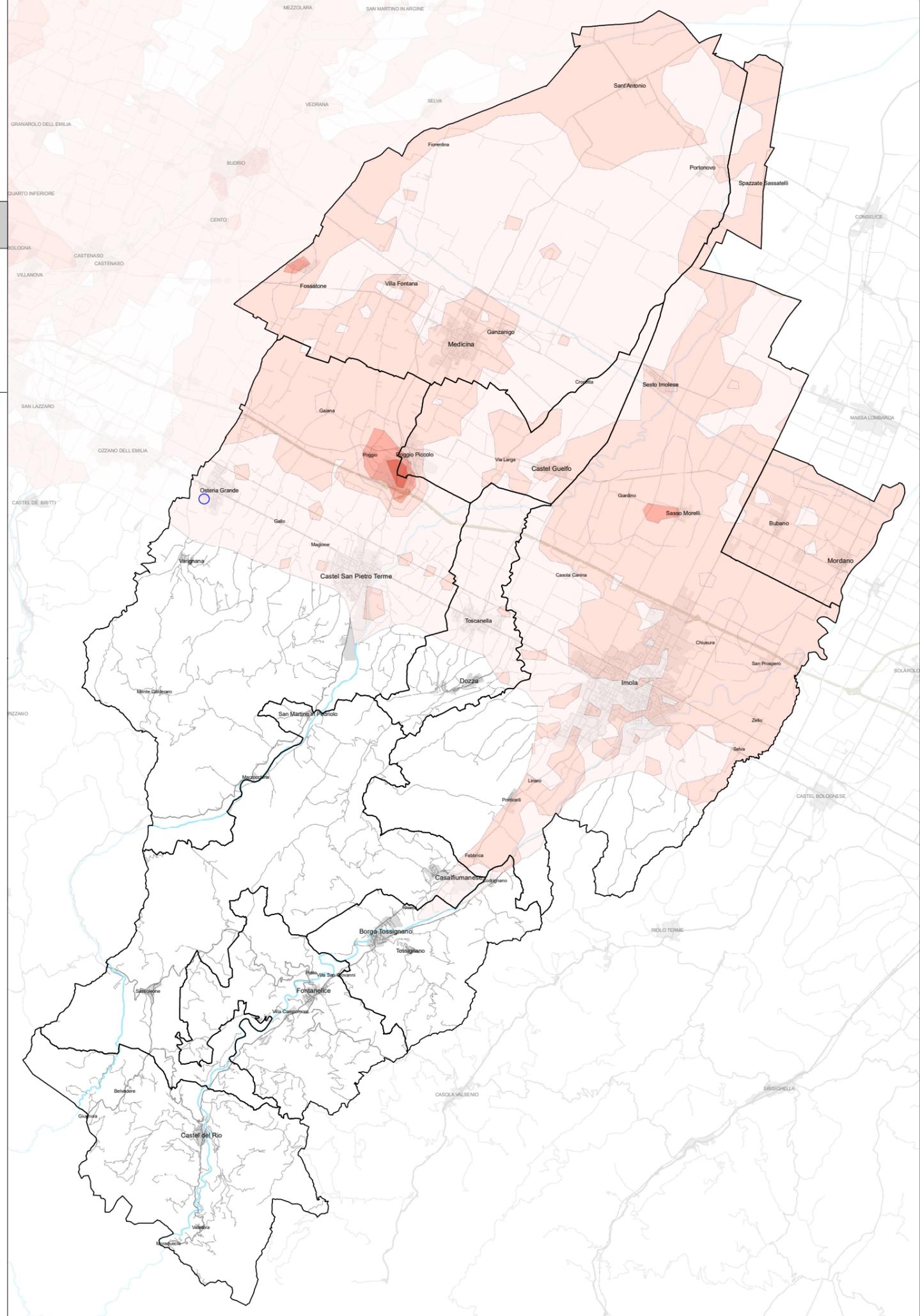
1:50.000

novembre 2008



Legenda

- Comuni Circondario Imolese
- Centri urbani
- Subsidenza (mm/a)**
 - 5 - -4
 - 14 - -5
 - 24 - -15
 - 34 - -25
 - 40 - -35
- Autostrade
- Strade statali
- Strade provinciali
- Strade comunali
- Ferrovie
- Reticolo idrografico principale



GRUPPO DI LAVORO

Ufficio di Piano Federato
 Moreno Danni, Dirigente
 Franco Lorenzi, Coordinatore
 Stefania Dazzani, Coordinatore
 Roberto Pini, Coordinatore
 Salvatore Cavini, Coordinatore
 Dino Landi, Coordinatore
 Vincenzo Zaccchioli, Coordinatore
 Antonio Borghi, Coordinatore
 Vanna Vercelli, Coordinatore
 Daniele Manca, Coordinatore
 Nara Rebecchi, Coordinatore
 Roberto Andati, Coordinatore

Collaboratori e Consulenti esterni
 Massimo Caputo, Ufficio di Pianificazione
 Francesco Tardito, Ufficio di Pianificazione
 Lorenzo Danni, Ufficio di Pianificazione
 Stefano Serenatore, Ufficio di Pianificazione

Collaboratori e Consulenti esterni
 Susanna Bellini, Comune di Dozza
 Francesco Zucchi, Comune di Fontanelice
 Paolo Barilli, Comune di Imola
 Elisabetta Calchi, Comune di Imola
 Alfonso Calchi Novati, Comune di Imola
 Claudio Bernabelli, Associazione comunale
 Lucilla Mita, Associazione comunale
 Franco Lorenzi, Comune di Imola
 Patrizia Tassinari, Comune di Imola
 Stefano Serenatore, Comune di Imola
 Roberto Pini, Comune di Imola
 Salvatore Cavini, Comune di Imola
 Dino Landi, Comune di Imola
 Vincenzo Zaccchioli, Comune di Imola
 Antonio Borghi, Comune di Imola
 Vanna Vercelli, Comune di Imola
 Daniele Manca, Comune di Imola
 Nara Rebecchi, Comune di Imola
 Roberto Andati, Comune di Imola

Collaboratori e Consulenti esterni
 Carlo Anselmi, Comune di Borgo Tossignano
 Alessandra Ciani, Comune di Casalfumana
 Roberto Pini, Comune di Casalfumana
 Vittorio Soggetti, Comune di Castel del Rio
 Ivano Serenatore, Comune di Castel del Rio
 Massimo Caputo, Comune di Dozza
 Francesco Tardito, Comune di Dozza
 Lorenzo Danni, Comune di Dozza
 Stefano Serenatore, Comune di Dozza
 Susanna Bellini, Comune di Dozza
 Francesco Zucchi, Comune di Fontanelice
 Paolo Barilli, Comune di Imola
 Elisabetta Calchi, Comune di Imola
 Alfonso Calchi Novati, Comune di Imola
 Claudio Bernabelli, Associazione comunale
 Lucilla Mita, Associazione comunale
 Franco Lorenzi, Comune di Imola
 Patrizia Tassinari, Comune di Imola
 Stefano Serenatore, Comune di Imola
 Roberto Pini, Comune di Imola
 Salvatore Cavini, Comune di Imola
 Dino Landi, Comune di Imola
 Vincenzo Zaccchioli, Comune di Imola
 Antonio Borghi, Comune di Imola
 Vanna Vercelli, Comune di Imola
 Daniele Manca, Comune di Imola
 Nara Rebecchi, Comune di Imola
 Roberto Andati, Comune di Imola

Parametri Sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.
latitudine: 44,4264643804346
longitudine: 11,518095763315
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17176	Lat: 44,4175Lon: 11,4610	Distanza: 4644,909
Sito 2	ID: 17177	Lat: 44,4187Lon: 11,5309	Distanza: 1332,955
Sito 3	ID: 16955	Lat: 44,4687Lon: 11,5293	Distanza: 4774,902
Sito 4	ID: 16954	Lat: 44,4675Lon: 11,4593	Distanza: 6526,787

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,059 g
Fo: 2,455
Tc*: 0,260 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,076 g
Fo: 2,430
Tc*: 0,270 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,188 g
Fo: 2,406
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,237 g
Fo: 2,448
Tc*: 0,312 [s]

Coefficients Sismici

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,640
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,874
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,620
St:	1,000
Kh:	0,023
Kv:	0,011
Amax:	1,114
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,430
Cc:	1,560
St:	1,000
Kh:	0,065
Kv:	0,032
Amax:	2,641
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,350
Cc:	1,540
St:	1,000
Kh:	0,090
Kv:	0,045
Amax:	3,136
Beta:	0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 44.425525

longitudine: 11.517108



Giorgio Gasparini

Estratto da Tavola 7
“Microzonazione Sismica – Carta di Microzonazione Sismica –
Fattori di Amplificazione PGA – Analisi di II Livello”
del PSC del Comune di Castel San Pietro Terme

- non in scala -

BORGO TOSSIGNANO • CASALFIUMANESE • CASTEL DEL RIO • CASTEL GUELFO
CASTEL SAN PIETRO TERME • DOZZA • FONTANELICE • IMOLA • MEDICINA • MORDANO

COMUNE DI CASTEL SAN PIETRO TERME

Sindaco	Fausto Tinti
Segretario Comunale	Cinzia Giacometti
Dirigente del Servizio	Angelo Premi
Adozione	Delibera C.C. n. 72 del 01/08/2013
Controdeduzioni	Delibera C.C. n. 171 del 23/12/2015
Approvazione	Delibera C.C.

PSC

MICROZONAZIONE SISMICA
- Carta di microzonazione sismica -
Fattori di amplificazione PGA
(Analisi di II livello)

Tavola

7

Foglio 1

Ottobre 2013

Scala 1:10.000

RESPONSABILE DI PROGETTO

Arch. Alessandro Costa

UFFICIO DI PIANO FEDERATO

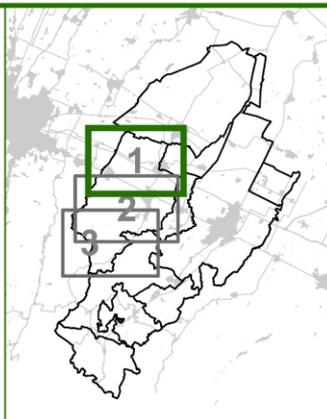
Arch. Alessandro Costa
Dott.ssa Raffaella Baroni
Dott. Lorenzo Dianì
Ing. Morena Rabiti

CONSULENTI DI PROGETTO

Arch. Franco Capra
Arch. Piergiorgio Mongioj
Arch. Mario Piccinini
Arch. Ivano Serrantoni

CONSULENTI GEOLOGICI

ARKIGEO
Geol. Giorgio Gasparini
Geol. Marco Capitani



Legenda

Confini comunali

Fattore di amplificazione topografica

1,1

1,15

1,3

Fattore di amplificazione PGA

1,3

1,4

1,5

1,6

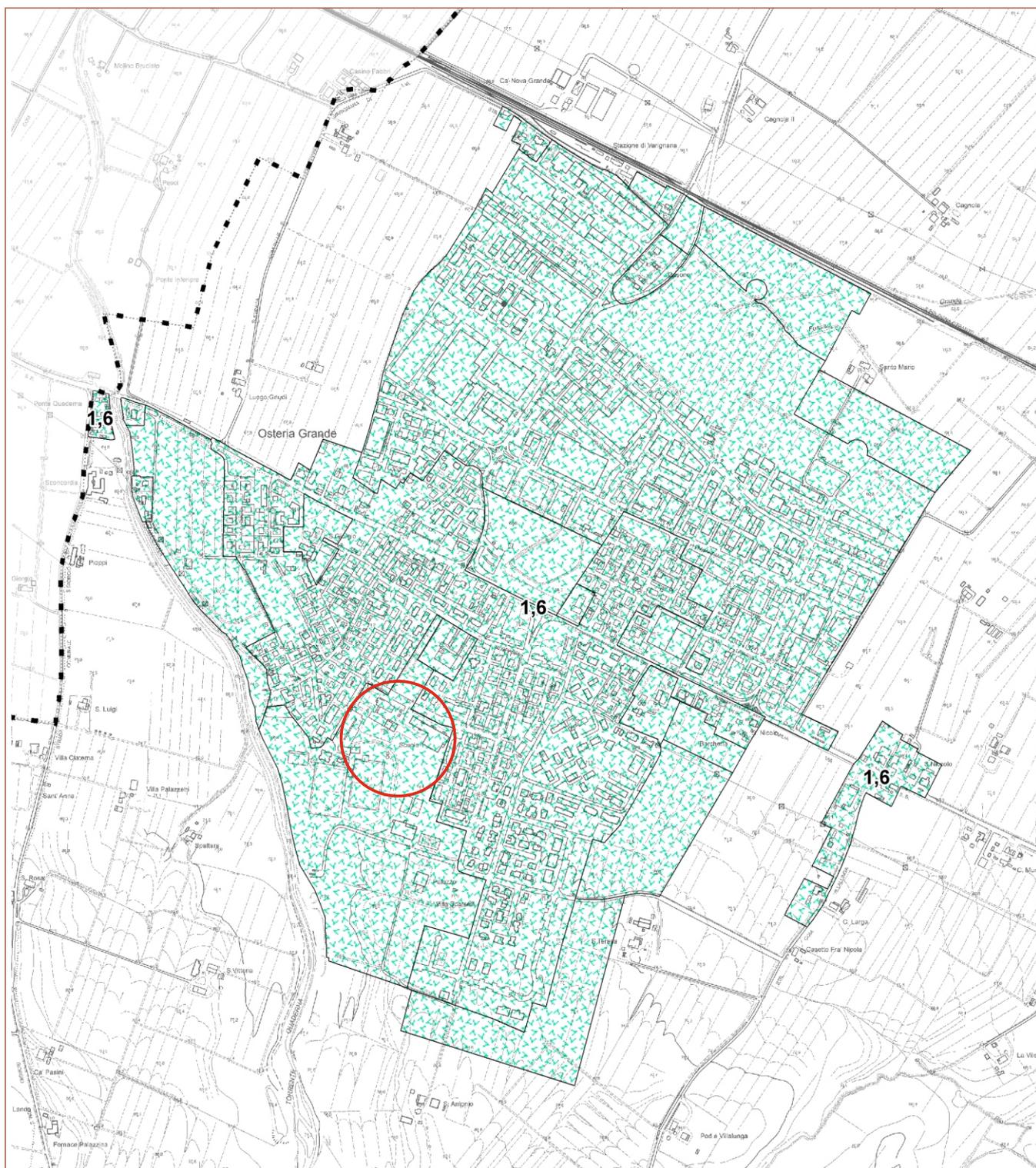
1,7

1,8

1,9

2,0

2,1



IL CERCHIO ROSSO INDIVIDUA L'AREA DI INTERESSE