


PROPRIETA'	STUDIO DI PROGETTAZIONE
SOCIETÀ GOLD ART CERAMICA S.P.A. BALDONI ERIKA BALDONI MORENA BALDONI ROMANA GRANDI MARIA LAURA MIGLIOLI CELSO MIGLIOLI ROSANNA	FUNDO STUDIO SRL Via Giardini Sud, 52 41056 PAVULLO NEL FRIGNANO (MO)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO
PIANO OPERATIVO COMUNALE AMBITI A9.a E A9.B- VARIANTE 2/2017

OGGETTO DELL'ELABORATO
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

LOCALIZZAZIONE	
STATO	ITALIA
REGIONE	EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA	MODENA
COMUNE	PAVULLO NEL FRIGNANO
INDIRIZZO	LOC. MADONNA DEI BALDACCINI

CODIFICA GENERALE ELABORATO					
CODICE INTERNO	VERSIONE	DATA	AREA DI PROGETTAZIONE	TIPO DI DOCUMENTO	NUMERAZIONE ELABORATO
3862-POC	2	15/11/2017	A	REL	1

<i>Il Tecnico</i>	<i>Il Progettista Strutturale</i>
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO) 	
<i>La Committenza</i>	<i>Il Direttore dei Lavori Strutturali</i>

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
4	CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO.....	9
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO	11
6	VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA	13
7	SISMICITA'	23
7.1	SISMICITA' STORICA.....	23
7.2	ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE.....	24
8	INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE.....	32
8.1	PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE STATICA.....	32
8.2	INDAGINI SISMICHE IN SITO METODO RIFRAZIONE – ONDE P.....	33
9	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA E PRESCRIZIONI.....	36
10	CONCLUSIONI.....	37

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1:	ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 236-NO "LAMA MOCOGNO" - SCALA 1:25.000	5
FIGURA 2:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236020 "MONTEBONELLO" - SCALA 1:10.000	6
FIGURA 3:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236021 "SELVA" - SCALA 1:5.000	6
FIGURA 4:	ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA	7
FIGURA 5:	CARTOGRAFIA ATTUALE POC E RUE REDATTA DALLO STUDIO TECNICO INCARICATO PER LA PROGETTAZIONE.....	9
FIGURA 5:	CARTOGRAFIA NUOVO POC	10
FIGURA 6:	ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020.....	12
FIGURA 8:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI – SCALA 1:25.000	14
FIGURA 9:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO – SCALA 1:25.000	15
FIGURA 10	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO – SCALA 1:10.000	16
FIGURA 11:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – SCALA 1:10.000	17
FIGURA 12:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE – SCALA 1:50.000	18
FIGURA 13:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI – SCALA 1:25.000	19
FIGURA 14:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE – SCALA 1:50.000.....	20
FIGURA 16:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITÀ ESTRATTIVE – SCALA 1:25.000	21
FIGURA 16:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITÀ DI PAESAGGIO – SCALA 1:100.000.....	22
FIGURA 17:	DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO	24
FIGURA 18:	ZONIZZAZIONE SIMOGENETICA ZS9.....	24
FIGURA 19:	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI	25
FIGURA 20:	MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003.....	26
FIGURA 21:	MAPPA DELLE MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA	27
FIGURA 22:	CARTOGRAFIA DELLE MOPS	28
FIGURA 23:	CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA	29
FIGURA 24:	CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITÀ DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (Fy)	30
FIGURA 25:	CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITÀ DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (Fz)	31
FIGURA 22:	UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	32

1 PREMESSA

Su incarico dello studio tecnico incaricato per la progettazione e in accordo con la Committenza, il sottoscritto:

- Dott. Giorgio Masotti, Geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il numero 588 – Sez. A, in qualità di consulente tecnico della ditta Geo-Xpert Italia – Servizi – Tecnologie e Ambiente s.n.c., con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90,

ha provveduto alla stesura della presente relazione geologica e sismica, a corredo del progetto di Piano Operativo Comunale – Ambiti A9a e A9b – Madonna dei Baldaccini, in comune di Pavullo nel Frignano (MO).

Scopo del presente studio è verificare se le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area sono sufficienti a garantire l'idoneità delle opere da realizzare.

A tale scopo sono stati effettuati in sito i seguenti approfondimenti:

- verifica del materiale presente in bibliografia;
- rilievo geologico-geomorfologico di campagna;
- esecuzione, in data 04/11/2017, di n° 5 indagini dirette in sito di tipo penetrometrico ad infissione statica;
- esecuzione, in data 04/11/2017, di n° 2 rilievi sismico a rifrazione con determinazione sperimentale delle onde di compressione Vp.
- esecuzione, in data 04/11/2017, di n° 2 rilievi sismico a rifrazione con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti strumenti normativi:

Normativa Nazionale

- R.D. 30 Dicembre 1923 n. 3267

Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani

- R.D. 16 maggio 1926 n. 1126

Regolamento per l'applicazione de R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267

- Legge 25.11.1962

Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 22.12.1962, n. 326 – Supplemento Ordinario n. 1);

- Legge 02.02.1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (G.U. 21.03.1974, n. 76);

- Decreto Legge 27.06.1985, n. 312

Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 29.06.1985, n. 152);

- Legge 08.08.1985, n. 431

Conversione in legge con modificazioni del D.L. 27.06.1985, n. 312, concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 08.08.1985, n. 431);

- Decreto Ministeriale 11.03.1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (G.U. 01.06.1988, n. 127);

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 24.09.1988, n.30483

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione (G.U. 01.06.1988, n. 127);

- Decreto Ministero LL.PP. del 14.02.1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 18.03.1992, n. 65);

- D.M. 09.01.1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 05.02.1996, n. 29);

- Circolare Ministero LL. PP. del 09.01.1996, n. 218

Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica (G.U. 29.01.1996, n. 50)

- D.M. 16.01.1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;

- Decreto Ministero LL.PP. 16.01.1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (G.U. 05.02.1996, n.29 – S.O. n. 19);

- Circolare Ministero LL.PP. 15.10.1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 09.01.1996;

- Circolare Ministero LL. PP. del 10.04.1997, n. 65/AA.GG – prot. n. 0

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.01.1996 (G.U. 28.04.1997, n.97);

- Eurocodice7 del 30.04.1997

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;

- Eurocodice8 del 28.02.1998

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

- Decreto del Presidente della Repubblica del 06.06.2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A) (G.U. 20.10.2001 n. 245 – S.O. n. 239);

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003, n. 3274

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (G.U. 08.05.2003, n. 105 – S.O. n. 72);

- Ordinanza P.C.M. del 02.10.2003, n. 3316

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 10.10.2003, n. 236);

- Decreto P.C.M. 21.10.2003, n. 3316

Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 29.10.2003, n. 252);

- Ordinanza del P.C.M. del 03.05.2005, n. 3431

Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 10.05.2005, n. 107);

- Decreto Ministeriale del 14.09.2005

Norme tecniche per le costruzioni (G.U. 23.09.2005, n. 222 – S.O. n. 159);

- Ordinanza del P.C.M. del 28.04.2006, n. 3519

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;

- D. Lgs. n. 152 del 03/04/2006

“Norme in materia ambientale”

- Decreto Ministeriale del 14.01.2008

Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (G.U. 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30);

- Decreto Ministeriale nr. 161/2012

Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo

- Legge 98/2013

Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia

Normativa Regionale

- Legge Regionale Emilia-Romagna del 24.03.2000, n. 20

Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio;

- Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna del 24.10.2005 n. 1677

Prime indicazioni applicative in merito al D.M. 14.09.2005 recante "Norme tecniche per le costruzioni";

- Delibera Assemblea legislativa Regione Emilia-Romagna del 02.05.2007 progr. n. 112 – oggetto n. 3121
- Delibera di Giunta Regionale n° 2193/2015

"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".

Normativa Provinciale

- Deliberazione di Consiglio Provinciale della Provincia di Modena n. 46 del 18/03/09

Approvazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena in vigore dal 08.04.2009

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona oggetto di intervento si colloca nel territorio comunale di Pavullo nel Frignano (MO), in Loc. Madonna dei Baldaccini .

Geograficamente l'area in esame è compresa all'interno della seguente documentazione cartografica:

Cartografia Regionale:

- Carta Topografica n. 236-NO denominata "LAMA MOCOGNO" – scala 1:25.000
- Sezione n. 236020 denominata "MONTEBONELLO" – scala 1:10.000
- Elementi n. 236021 denominato "SELVA" – scala 1:5.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 236-NO "LAMA MOCOGNO" - SCALA 1:25.000

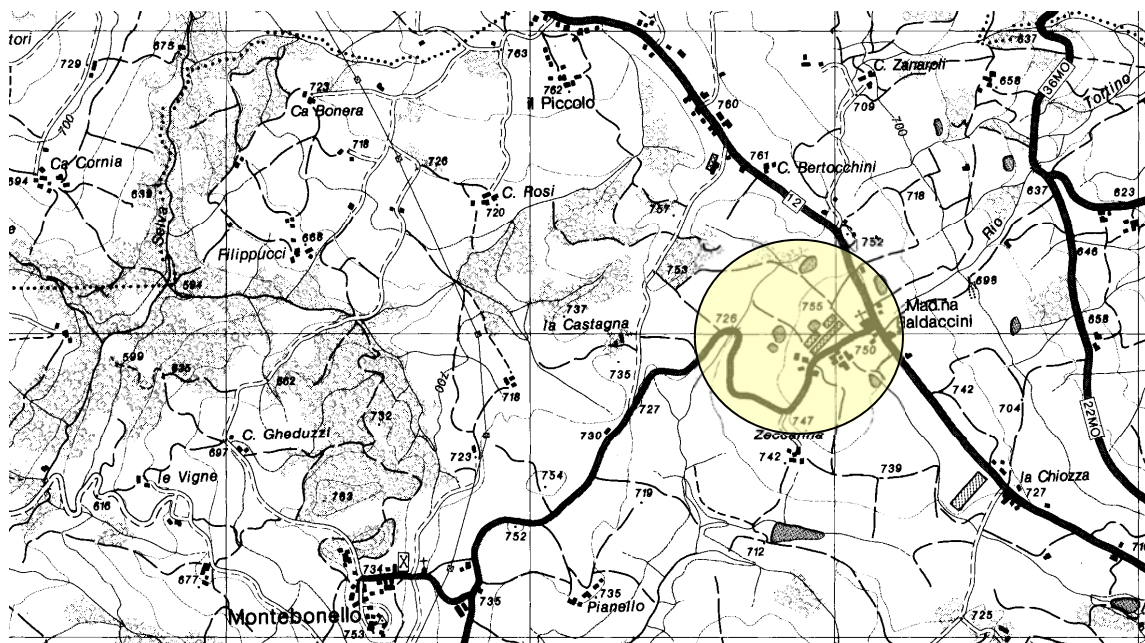


Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236020 "MONTEBONELLO" - SCALA 1:10.000

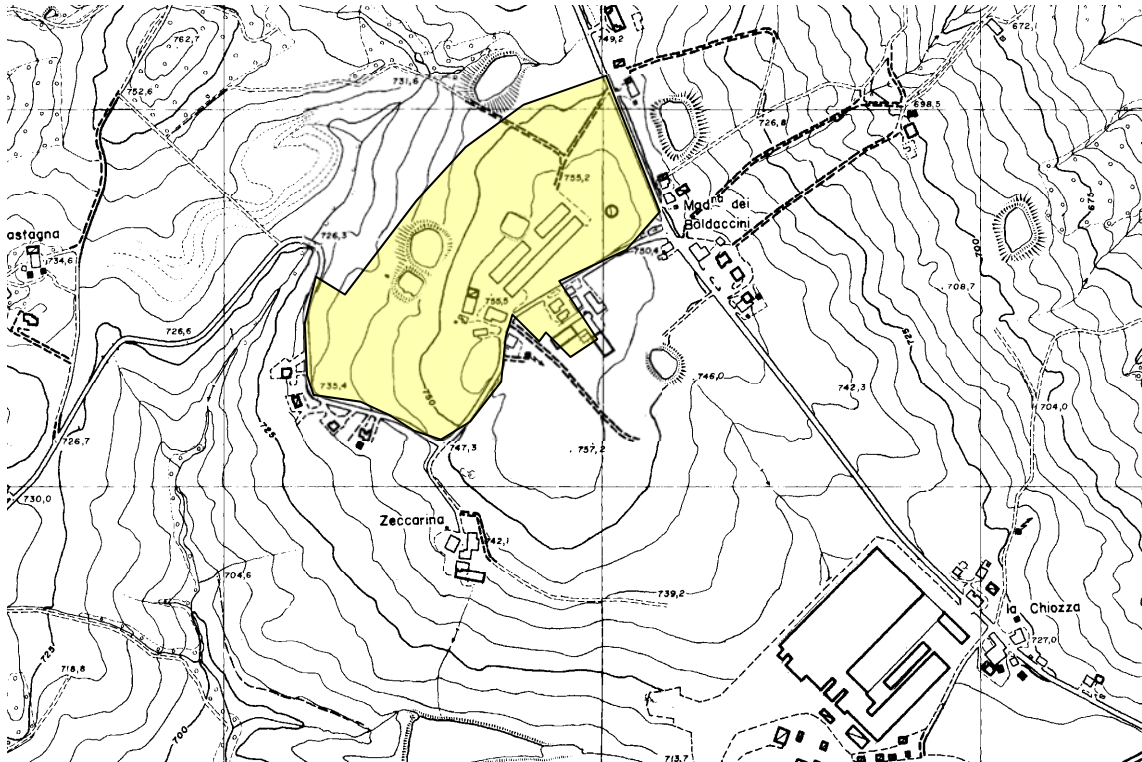


Figura 3: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236021 "SELVA" - SCALA 1:5.000

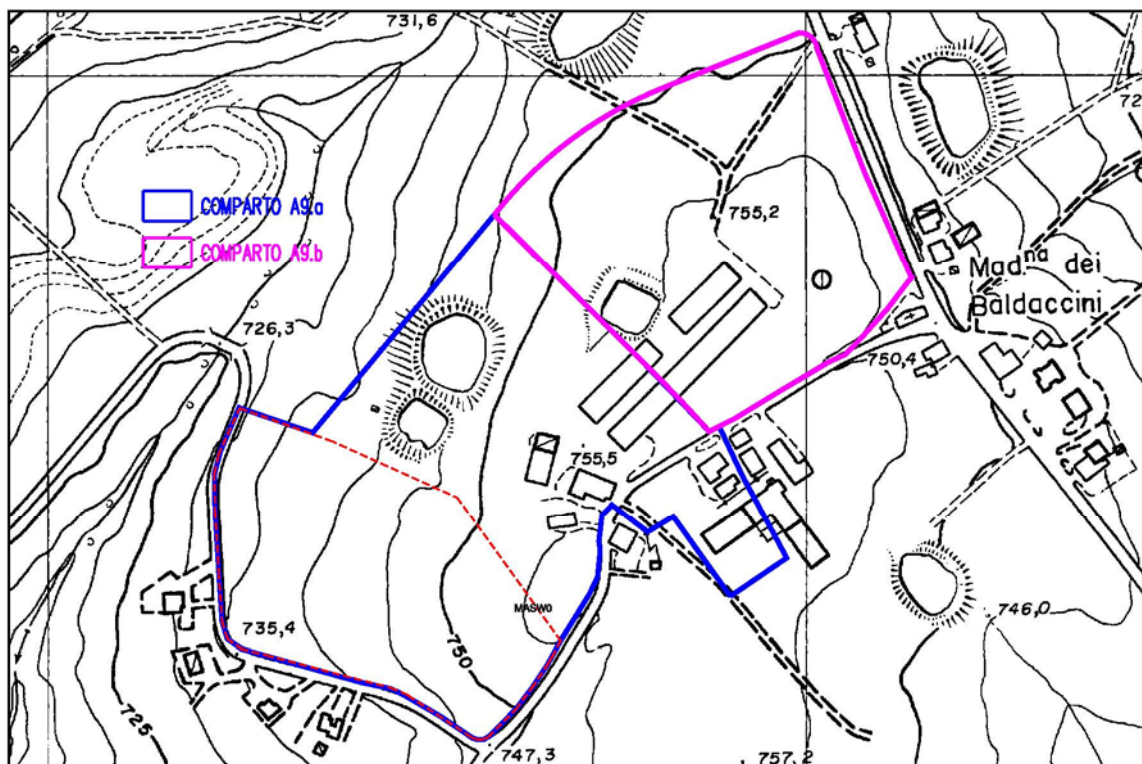
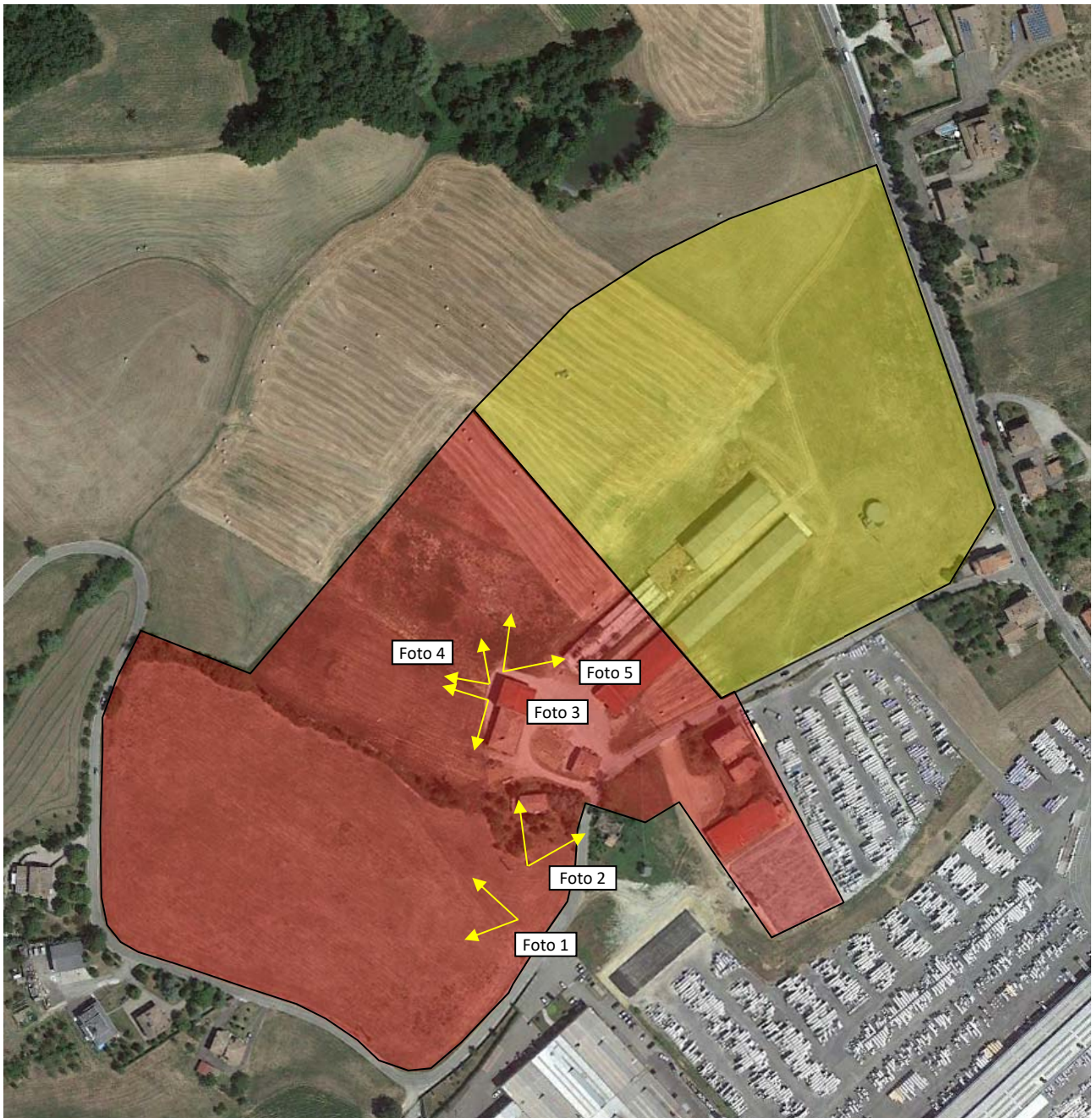


Figura 4: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA





4 CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

La variante in esame interviene direttamente sul comparto identificato negli strumenti urbanistici comunali come Asp 2.8. Sulla base dell'accordo preliminare stipulato ai sensi dell'Art. 18 della L.R. 20/2000 nell'ambito del procedimento di approvazione del Piano Operativo comunale, si prevede l'individuazione di due sub-comparti denominati A9a e A9b e la realizzazione di un nuovo tratto di viabilità, alternativo all'attuale Via per Montebonello nel tratto che costeggia l'Asp 2.8 del PSC

Figura 5: CARTOGRAFIA ATTUALE POC E RUE REDATTA DALLO STUDIO TECNICO INCARICATO PER LA PROGETTAZIONE

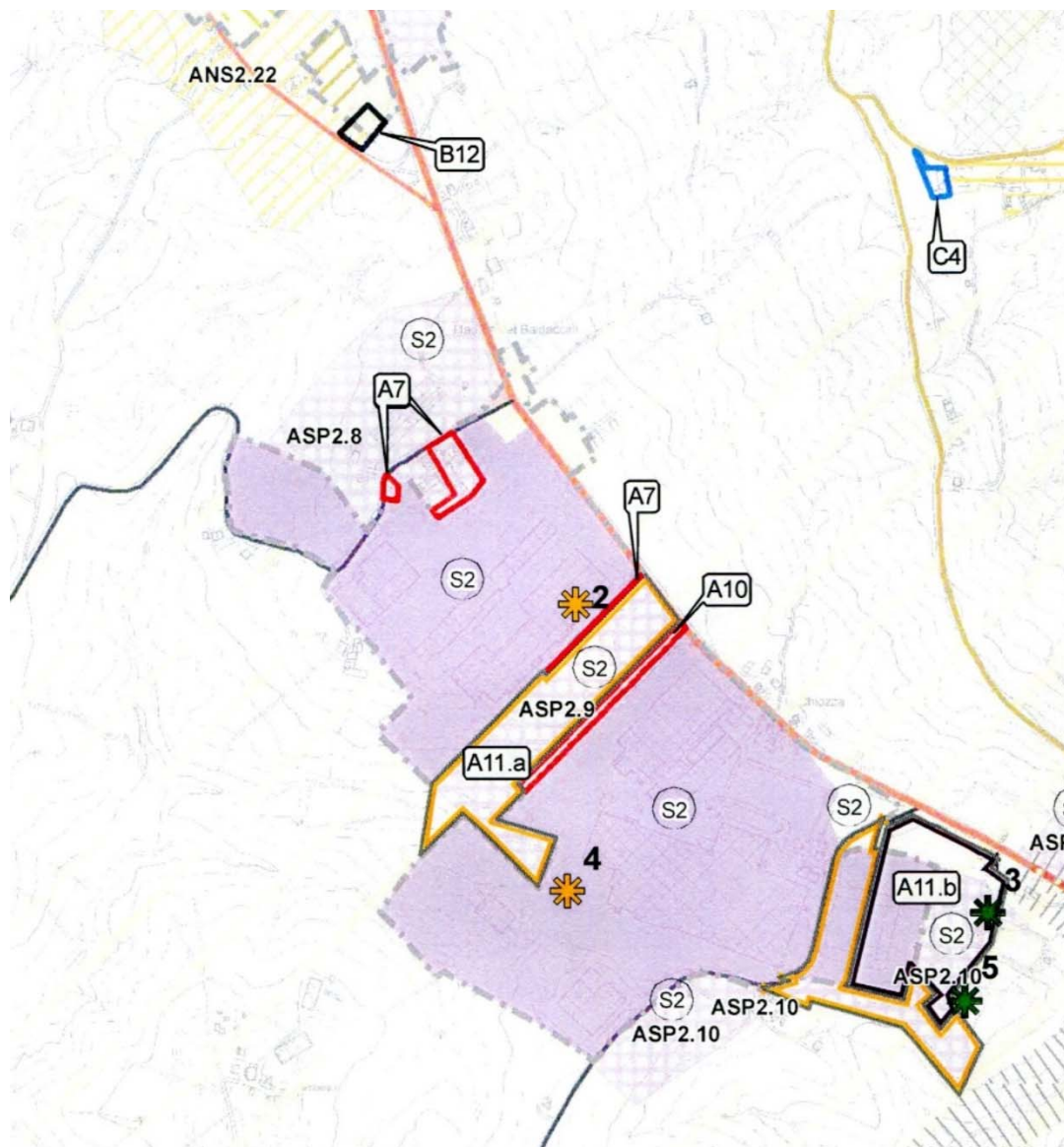
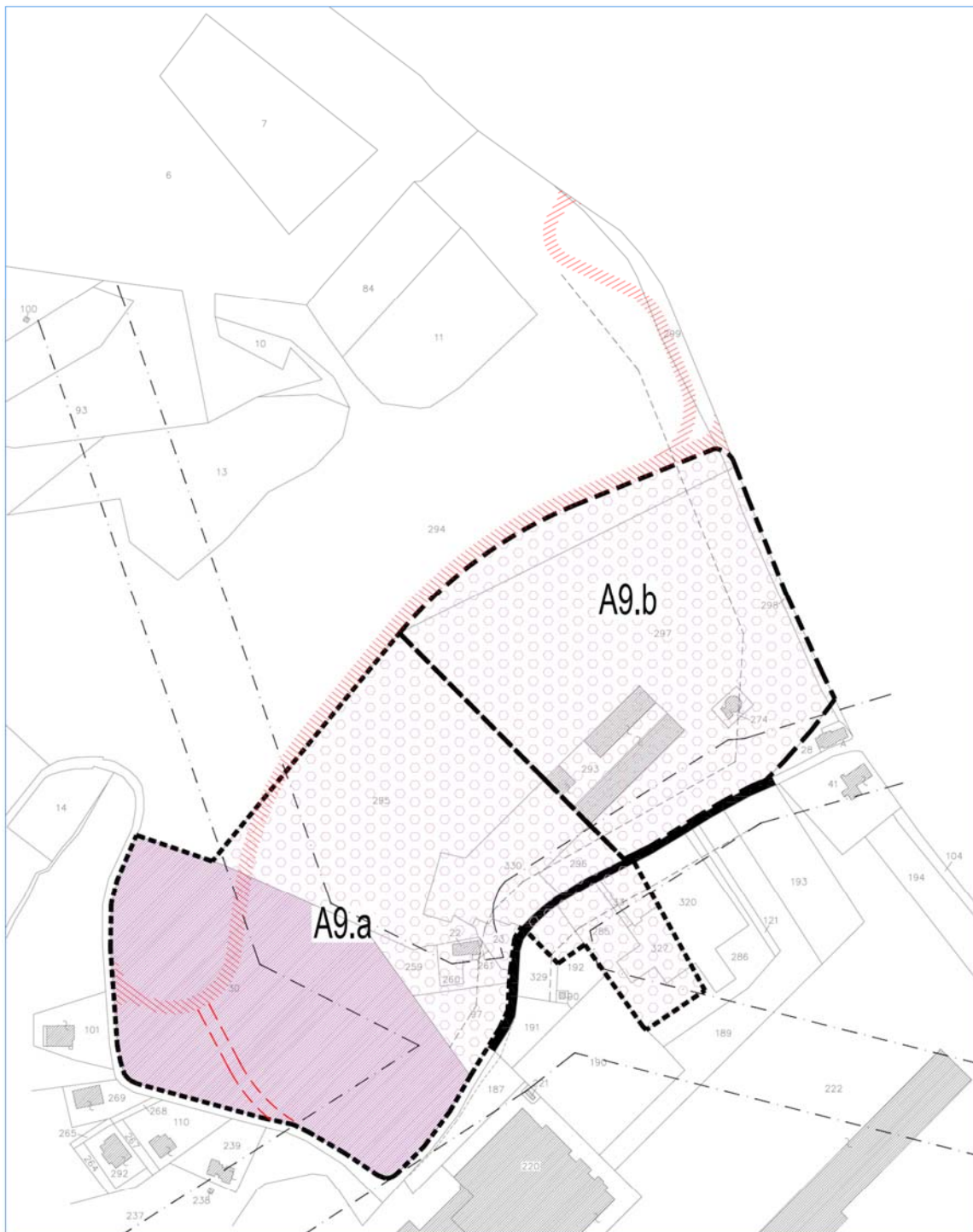


Figura 6: CARTOGRAFIA NUOVO POC



LEGENDA:

- COMPARTO A9.a
- COMPARTO A9.b
- sede stradale di possibile sdemanializzazione
- nuovo tracciato Via Montebonello
- raccordo con viabilità esistente

Allo stato attuale della progettazione non si hanno a disposizione dati relativi alla sistemazione dell'area per quanto riguarda livellamenti e/o riporti di terreno. Per tali tipologie di opere si rimanda alla fase di progettazione esecutiva degli interventi.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO

La geologia generale del Comune di Pavullo nel Frignano è costituita dalla presenza di successioni Liguridi (Complessi di Base) ed Epiliguridi. Procedendo verso valle le formazioni rocciose Epiliguridi a comportamento prevalentemente rigido nel caso di arenarie, arenarie-calcaree o calcari-arenacei, sono sostituite da formazioni argillose a comportamento meccanico prevalentemente plastico nel caso dei terreni pelitici.

Il diverso comportamento meccanico delle rocce condiziona a sua volta la morfologia dei versanti: dove sono presenti le porzioni arenitiche e arenaceo-calcaree con pendenze dei versanti molto elevate, con la formazione di crinali alti, netti, continui e regolari; laddove invece affiorano i terreni liguri pelitici a comportamento plastico, le pendenze si addolciscono e sono frequenti forme ondulate. Lo sviluppo di tali morfologie comporta inoltre caratteristiche idrogeologiche dei terreni sostanzialmente differenti; mentre nei terreni pelitici appartenenti ai complessi di base prevale lo scorrimento idrico superficiale, a causa dei modesti valori di infiltrabilità, che in genere riguarda le sole coltri detritiche; nei terreni lapidei l'infiltrazione delle acque superficiali è elevata, in considerazione dell'elevata permeabilità delle rocce per porosità e soprattutto per fratturazione, con la formazione anche di forme pseudo-carsiche. Numerose sono infatti le sorgenti che si formano per limite di permeabilità al contatto tra i terreni permeabili epiliguri e quelli impermeabili liguri sottostanti.

Procedendo in direzione di valle sono presenti morfologie tipiche di fenomeni gravitativi quiescenti, che per tipologia e distanza non interferiscono con le opere di progetto, e forme calanchive che si impostano sulle litologie a matrice fine costituite dalle formazioni argillose per una mancata regimazione delle acque meteoriche che localmente ristagnano lungo le zone di contropendenza dando luogo alla infiltrazione che comporta la plasticizzazione degli strati superficiali alterati favorendo così i fenomeni di instabilità.

Per quanto riguarda la stabilità dell'area, si conferma una situazione di buona stabilità dell'intera area in esame non essendo presenti fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

Nella carta geologia edita dalla Regione Emilia Romagna, della quale si riporta un estratto, sono rappresentate le formazioni geologiche affioranti, i principali lineamenti tettonici, gli assetti misurati durante il rilievo geologico ed i principali elementi geomorfologici, distinguendo tra frane attive, quiescenti e detrito di versante (caratterizzato da potenziale instabilità).

Da un punto di vista geologico sul lotto in esame affiorano i terreni di copertura quaternari appartenenti a depositi eolici (d1), costituiti da sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati, su paleosuperfici.

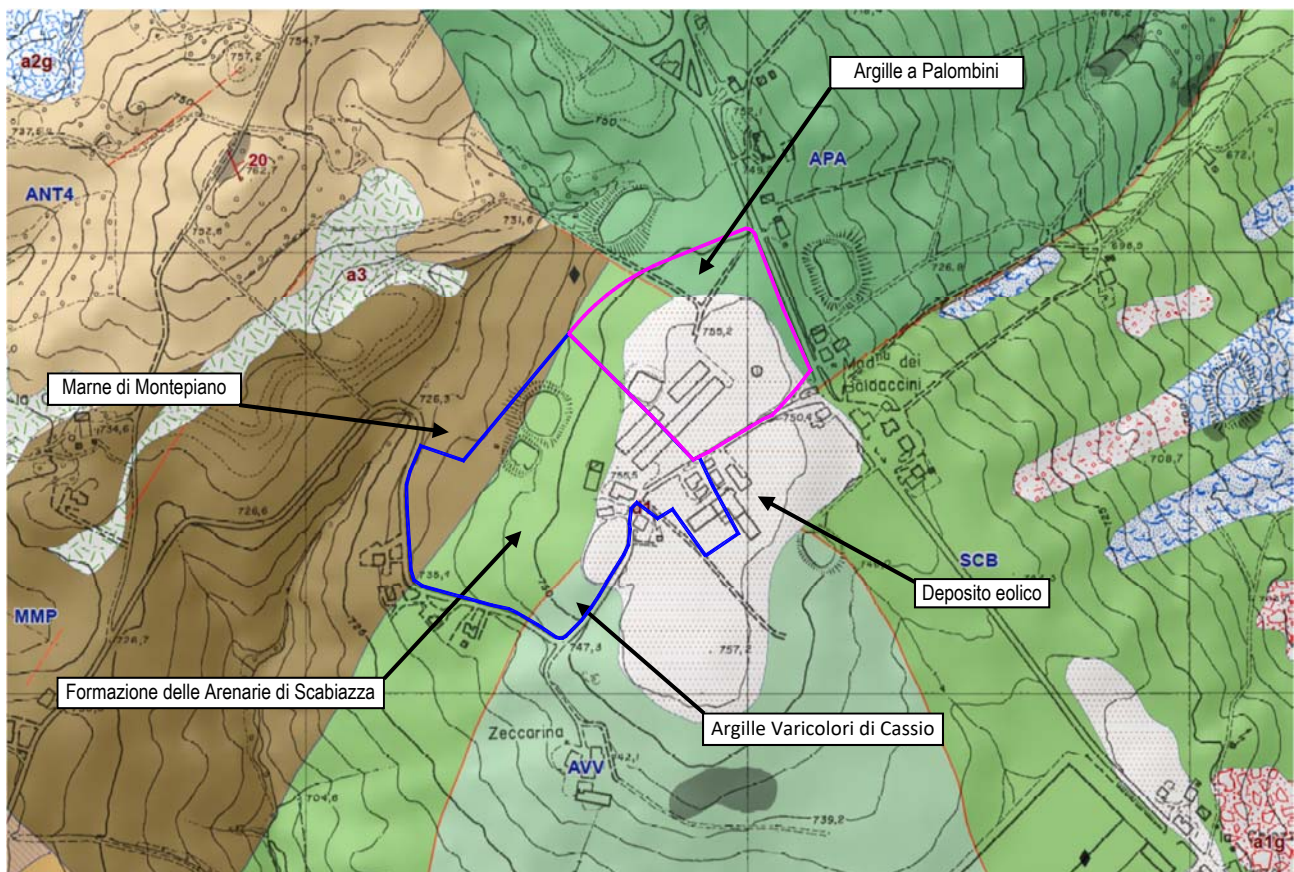
Il substrato, appartenente alle Formazioni Liguri è rappresentato dai terreni appartenenti alle seguenti Formazioni:


- **Argille a Palombini (APA)** costituite da una alternanza ritmica di argille e strati di calcilutiti. Le argille, più o meno fissili, sono di colore prevalentemente grigio-scuro o nerastro su superficie fresca e grigio-cenere se alterate. Sono internamente omogenee o finemente laminate e possono contenere singoli strati o pacchi di strati da molto sottili a sottili di torbiditi pelitico-arenacee o pelitiche di colore grigio scuro, biancastre se alterate, con una base arenitica da fine a grossolana, gradata od omogenea. Le argille a Palombini sono sempre intensamente deformate ed alla scala di affioramento appaiono come una massa argillosa indistinta, in cui gli strati originari di calcilutite sono ridotti a blocchi di varie forme e dimensioni. L'ambiente deposizionale è di piana abissale, al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati, alimentata da apporti torbiditici arenaceo-pelitici e carbonatici. La potenza della formazione è difficilmente valutabile per l'intensa fratturazione subita, ma dovrebbe essere dell'ordine di qualche centinaio di metri. L'età si estende da un generico cretaceo inf. Al Turoniano;
- **Argille Varicolori di Cassio (AVV)**, costituita da argilliti scure, rossastre o rosate, verdi e nerastre, con stratificazione da molto sottile a sottile, in cui si intercalano livelli sottili di torbiditi arenaceo-pelitiche grigie, calcilutiti silicee grigiastre o verdognole gradate in strati da medi a spessi e calcilutiti marnose spesse grigio chiaro, litareniti grossolane in strati da medi a spessi e microconglomerati con elementi di basamento cristallino. Localmente sono presenti intercalazioni lenticolari metriche di breccie sedimentarie poligeniche (bp) e di conglomerati tipo CSD (Conglomerati dei Salti del Diavolo). Elevato grado di tettonizzazione rende quasi irriconoscibile l'originaria stratificazione, generalmente sostituita da un pervasivo


clivaggio scaglioso. L'ambiente di sedimentazione è di tipo pelagico profondo, con apporti torbiditici. Lo spessore stratigrafico è difficilmente determinabile per l'intensa tettonizzazione; la potenza affiorante è variabile, può raggiungere i 200 m. L'età della formazione è riconducibile all'intervallo temporale compreso tra il Cenomaniano sup. e il Campaniano sup.?


- **Marne di Monte Piano (MMP)** costituite da argille marnose e marne argillose prevalentemente rosse, rosate e grigio-chiare, subordinatamente verdine. Si presentano in strati sottili, spesso mal definiti; a luoghi sono presenti sottili strati di siltiti nerastre, di arenarie biancastre risedimentate fini e, più raramente, calcilutiti marnose grigio-verdi. La stratificazione è raramente osservabile in uno strato indeformato alla scala dell'affioramento ed è spesso obliterata da strutture complesse sia di tipo plicativo sia da superfici di taglio. L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un bacino marino profondo caratterizzato dalla decantazione di argille pelagiche e dall'arrivo di correnti di torbida diluite con esclusiva risedimentazione di materiale terrigeno fine e finissimo. L'età basale è riferibile ad un generico Bartoniano, mentre per la sommità al Priaboniano superiore, non escludendo che possa raggiungere l'Oligocene basale.
- **Arenarie di Scabiazza (SCB)** costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate, con granulometria da fine a finissima, di colore grigio, grigio-scuro o grigio-verdastre (beige o rossastro se alterate) in strati molto sottili e sottili, e argille o argille marnose verdastre o grigio scuro molto sporche; rapporto A/P < 1 o uguale a 1. A volte si rinvengono calcilutiti marnose verdi o biancastre e marne calcaree grigio-chiare in strati da sottili a spessi e argilliti varicolorate. Presenti localmente intercalazioni lenticolari metriche di brecce sedimentarie poligeniche (bp) e livelli di marne scheggiose grigio-chiare (SCBms - litofacies marnoso-siltosa). L'ambiente deposizionale è di piana bacinale con frequenti apporti torbiditici. La potenza geometrica della formazione può raggiungere alcune centinaia di metri, mentre l'età della stessa è riconducibile all'intervallo temporale compreso tra il Turoniano sup. e il Campaniano inf.

Figura 7: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020



Coperture quaternarie (10K)
 a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

 a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

 a2g - Deposito di frana quiescente complessa

 a3 - Deposito di versante s.l.


 d1 - Deposito eolico

Limiti di unità geologiche (10K)
 contatto stratigrafico o litologico certo

 faglia certa

 faglia incerta

Affioramenti (aree) (10K)

Unità geologiche (10K)
 **ANT4 - Marne di Antognola - membro di Anconella**
 **APA - Argille a palombini**
 **AVV - Argille Varicolori di Cassio**
 **MMP - Marne di Monte Piano**
 **SCB - Arenarie di Scabiazza**

6 VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA

Con riferimento alla cartografia allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena approvato con DCP n.46 del 18/03/2009 ed in vigore dal 08/04/2009, l'area oggetto di studio risulta essere compresa all'interno delle seguenti cartografie tematiche:

TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITA' DEL TERRITORIO

Relativamente alla frammentazione ecologica, la zona è parzialmente ricompresa all'interno del territorio insediato all'anno 2006.

TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI

La zona in oggetto si colloca nel settore centrale all'interno di zone potenzialmente non soggetta ad effetti locali mentre lateralmente sono presenti aree potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche.

TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

La zona in oggetto risulta all'interno di zona idonea relativamente a compatibilità ambientale.

TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO

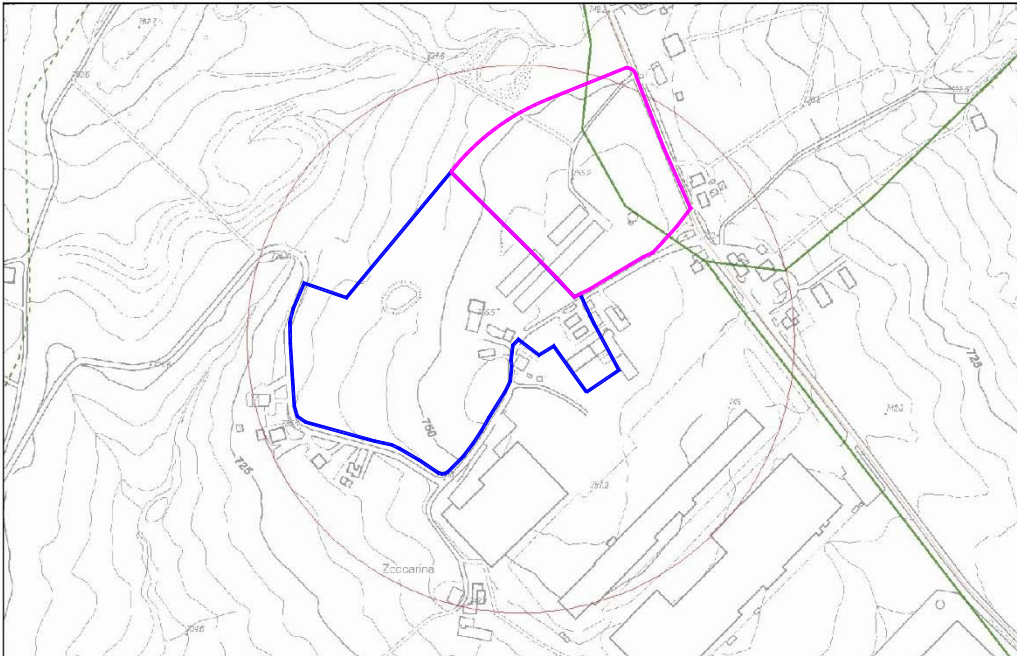
L'area in oggetto risulta all'interno di "area di paesaggio dell'alta collina e prima fascia montana (Zona 24)".

Figura 8: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI – SCALA 1:25.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena







Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda

Carta 1.1-Tutela paesaggistica e

-  Crinali minori (Art. 23C, comma 1, lettera b)
-  Crinali spartiacque principali (Art. 23C, comma 1, lettera a)
-  Insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art.42)
-  Viabilità storica (Art. 44B)

1:25.000 (1985-1986)

-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

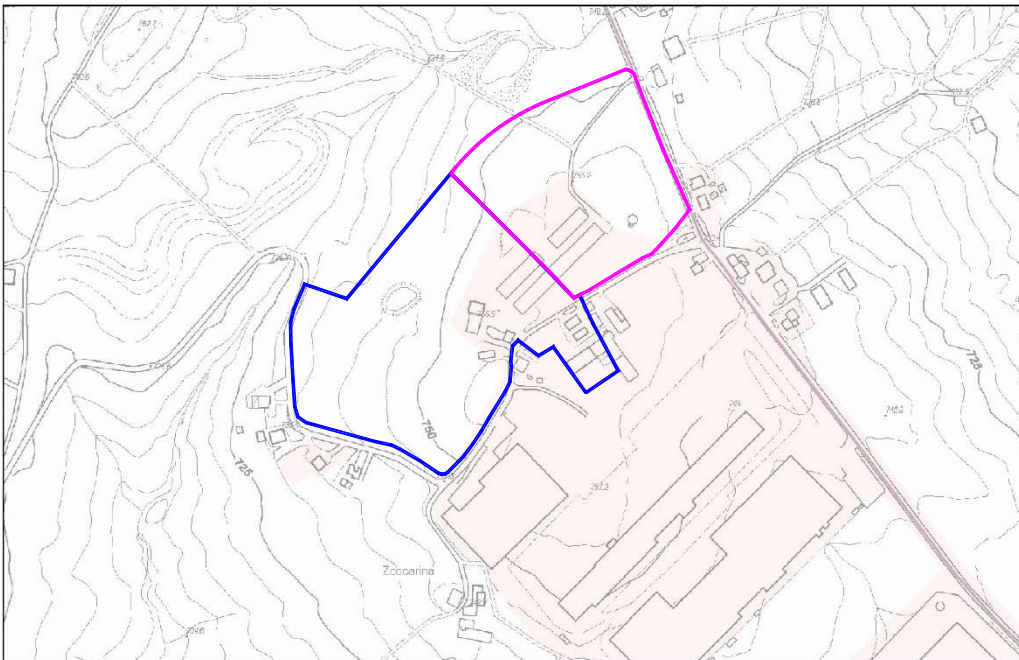
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 9: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO – SCALA 1:25.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000





SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

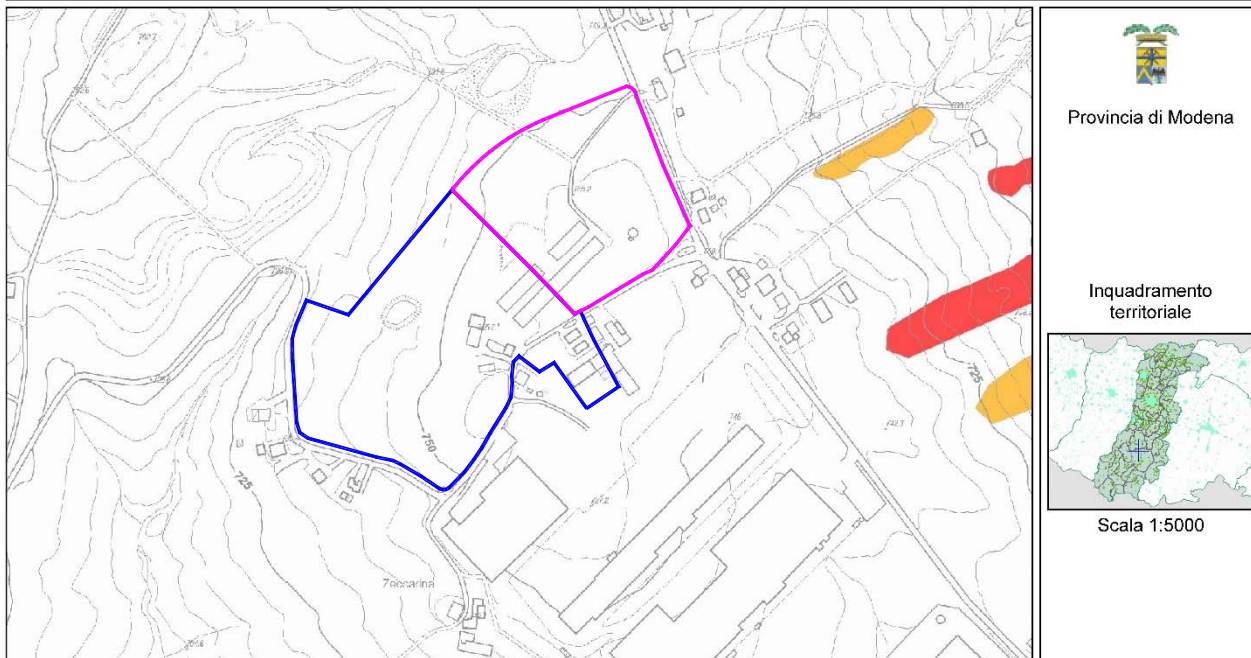
- Carta 1.2 - Tutela delle risorse
-  Territorio insediato al 2006
 -  Aree forestali (Art. 21)
 -  Infrastrutture viarie esistenti
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 10 ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO – SCALA 1:10.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

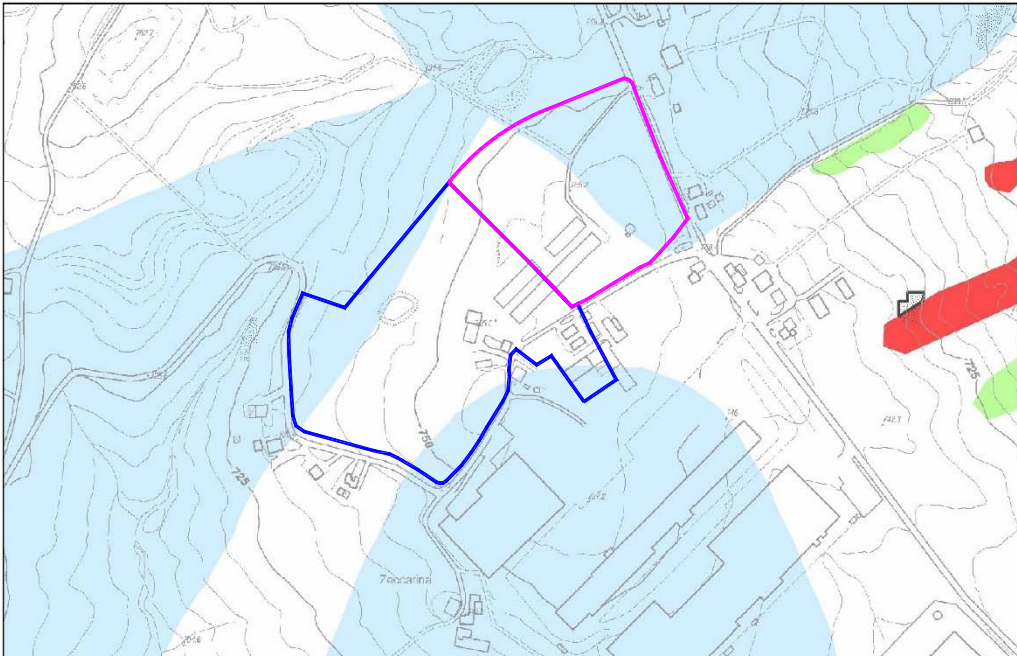
- Carta 2.1 - Carta del dissesto
- Aree interessate da frane attive (Art. 15)
 - Aree interessate da frane quiescenti (Art. 15)
- 1:25.000 (1985-1986)
- CTR
25.000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 11: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – SCALA 1:10.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda

Carta 2.2 - Rischio sismico: effetti

-  Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali
-  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche
-  Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
-  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche

1:25.000 (1985-1986)

 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

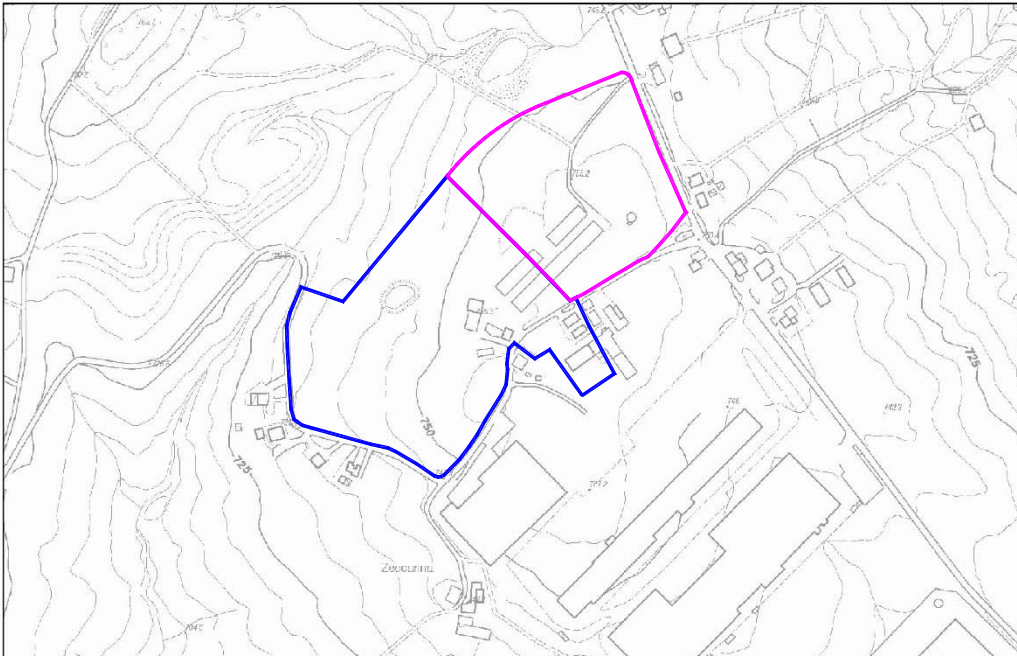
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 12: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE – SCALA 1:50.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000


SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

1:25.000 (1985-1986)
 Carta Topografica Regionale 1:
 25.000

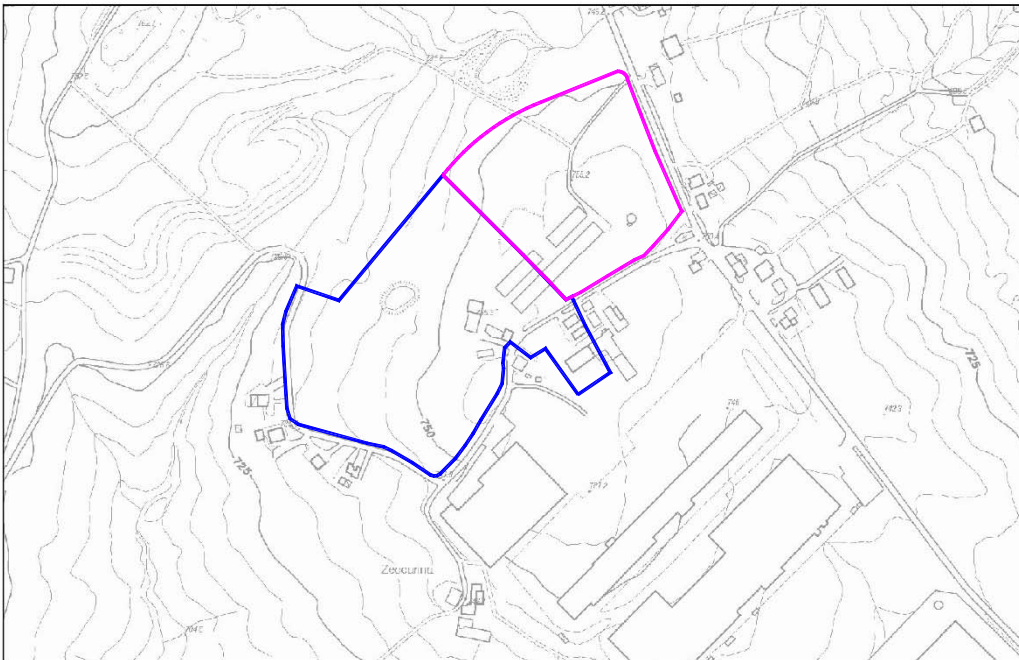
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 13: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI – SCALA 1:25.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 3.4 - Rischio inquinamento

- Zone non idonee alla localizzazione di impianti di smaltimento rifiuti (urbani-speciali-pericolosi)

1:25.000 (1985-1986)

- CTR
25000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

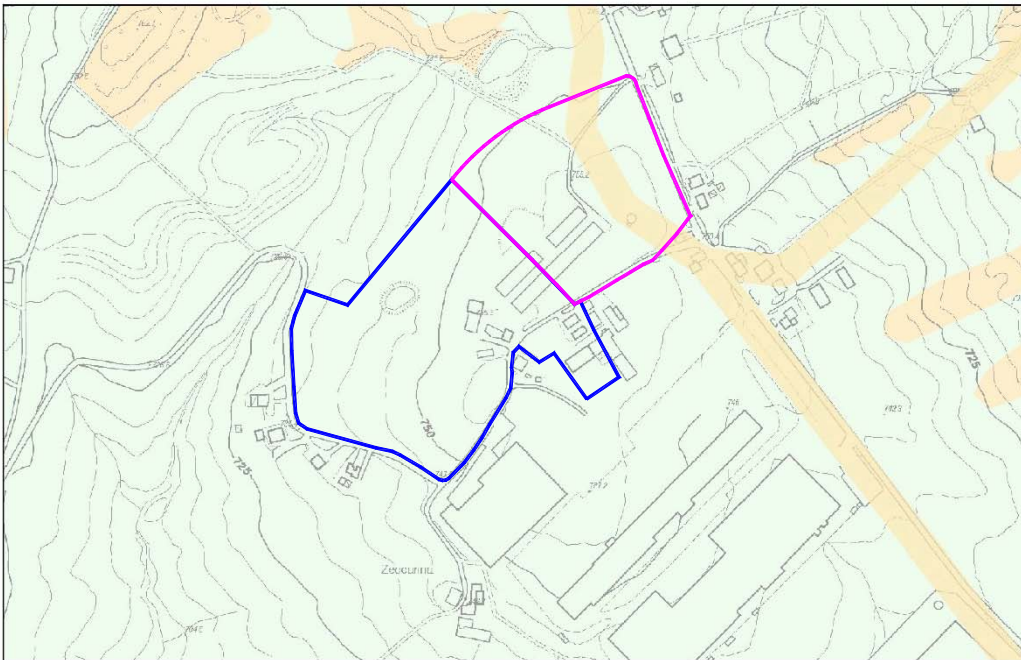
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 14: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.5 - RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE - SCALA 1:50.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 3.5 - Rischio industriale

- Zone idonee
- 1:25.000 (1985-1986)
- Carta Topografica Regionale 1: 25.000

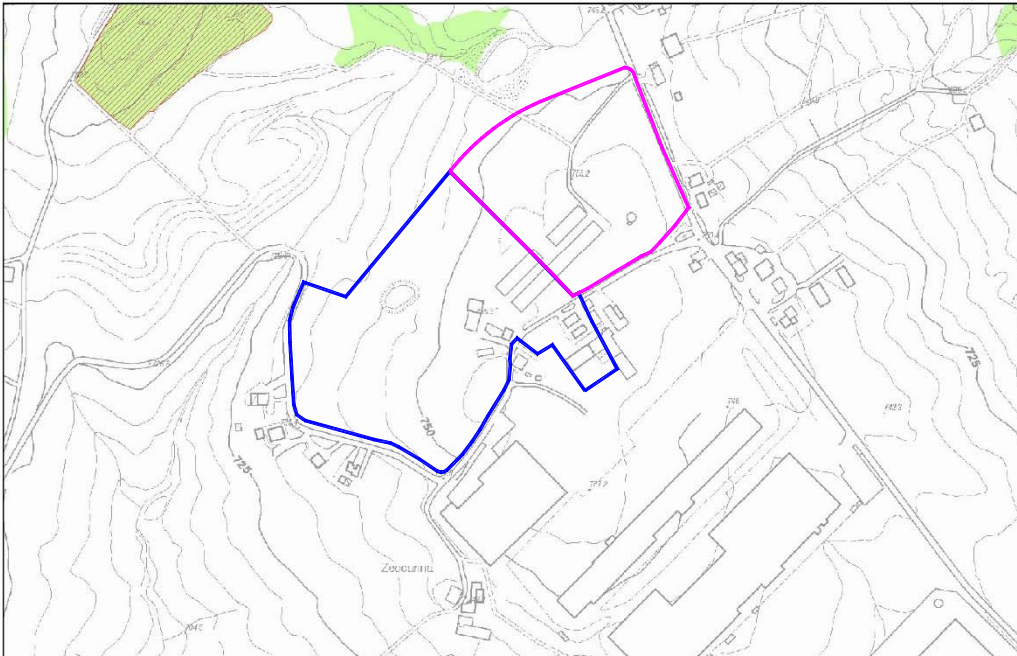
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 15: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:25.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 6 - Carta forestale attivita'



Aree forestali (Art.21)

1:25.000 (1985-1986)



Carta Topografica Regionale 1:
25.000

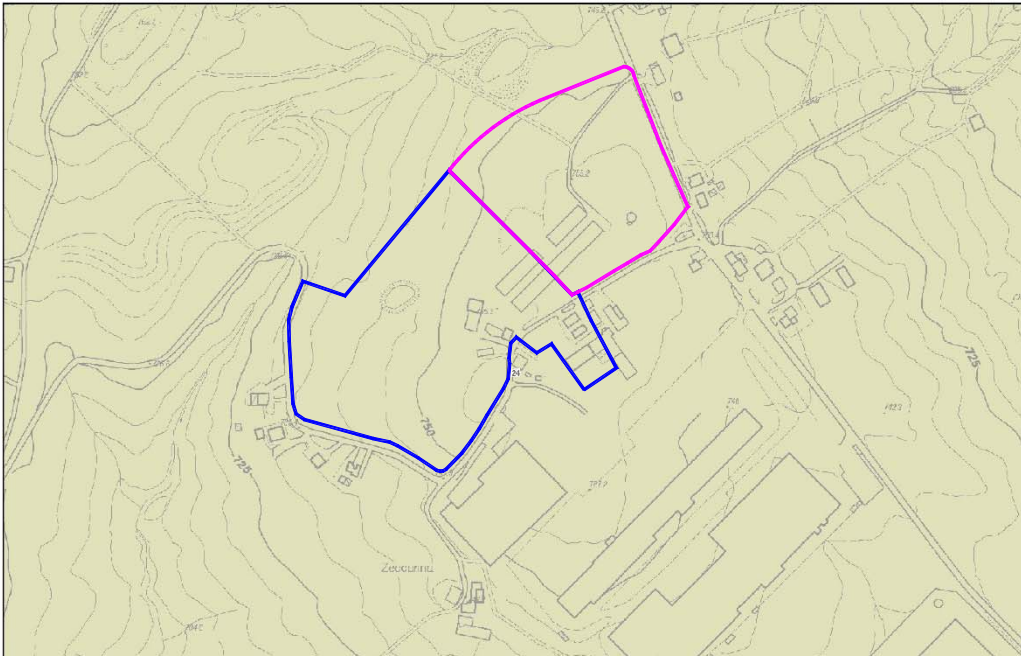
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 16: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO – SCALA 1:100.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 7 Carta delle Unità di Paesaggio

24 Paesaggio dell'alta collina e prima fascia montana

1:25.000 (1985-1986)

ETR 25.000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

7 SISMICITA'

7.1 SISMICITA' STORICA

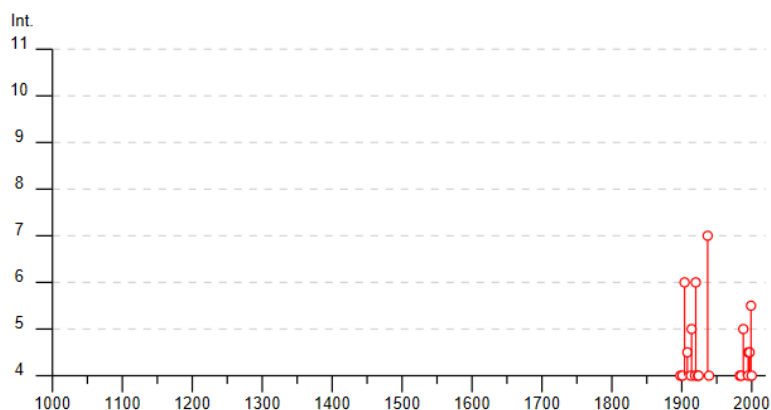
La sismicità storica del Comune di Pavullo nel Frignano è stata desunta mediante la consultazione del database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>)

Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1892	05	17	03	08	1	Carpinati	28	5	4.28
F	1895	05	18	19	55	1	Fiorantino	401	8	5.50
F	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1896	07	08	01	51	2	Porzetta Terme	17	5	4.37
NF	1896	12	08	17	06	4	Sestola	26	5	4.33
NF	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
4	1898	03	04	21	05		Parmanese	313	7-8	5.37
4	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
6	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
4-5	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
NF	1909	08	25	00	22		Creta Senesi	259	7-8	5.34
4	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
3	1915	10	10	23	10		Reggiano	30	6	4.87
3	1916	05	17	12	50		Rimini	132	8	5.82
4	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
3	1919	09	25	03	15		Frignano	7	4	3.70
6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1922	08	02	21	13		Frignano	21	5	4.32
4	1923	06	28	15	12		Modenese	22	6	5.04
4	1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46
2-3	1928	06	13	08			Carpi	35	6	4.67
3-4	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13
2	1930	10	30	07	13		Sanigallia	268	8	5.83
2	1931	06	10	17	02		Modenese	14	4	4.59
3	1936	10	18	03	10		Alpago Canaiglio	269	9	6.06
7	1937	12	10	18	04		Frignano	28	6	5.30
4	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96
3	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
NF	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
3	1957	08	27	11	54		Appennino modenese	58	5	4.73
3	1971	07	15	01	33	2	Parmanese	228	8	5.51
4	1983	11	09	16	29	5	Parmanese	850	6-7	5.04
4	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
3-4	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
5	1988	02	08	13	36	4	Frignano	43	5	4.28
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
4-5	1995	08	24	17	27	3	Appennino piacentino	56	6	4.45
1-2	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
4	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
4-5	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
5-6	1999	07	07	17	16	1	Frignano	32	5	4.67
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
3-4	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
3-4	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03
3	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24

La sismicità storica del Comune di Pavullo nel Frignano è stata desunta mediante la consultazione del database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11 (Fonte di riferimento: A. Rovida,

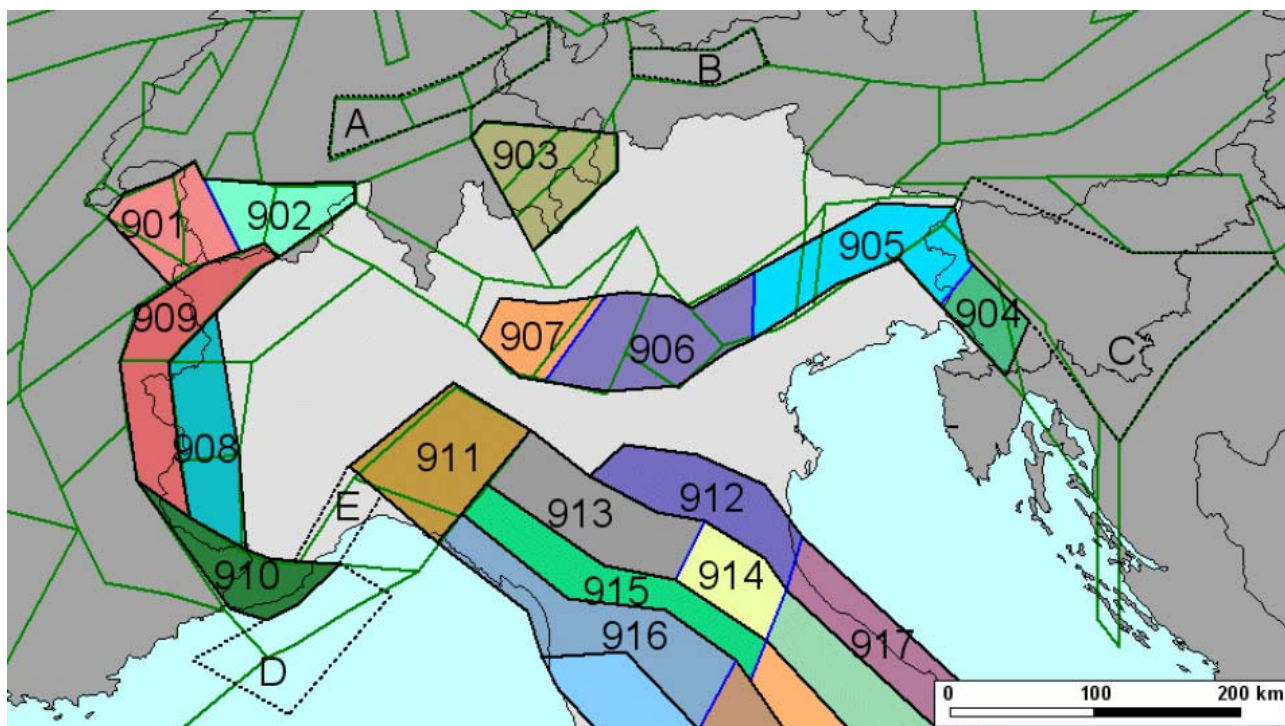
Figura 17: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO



7.2 ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".

Figura 18: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9

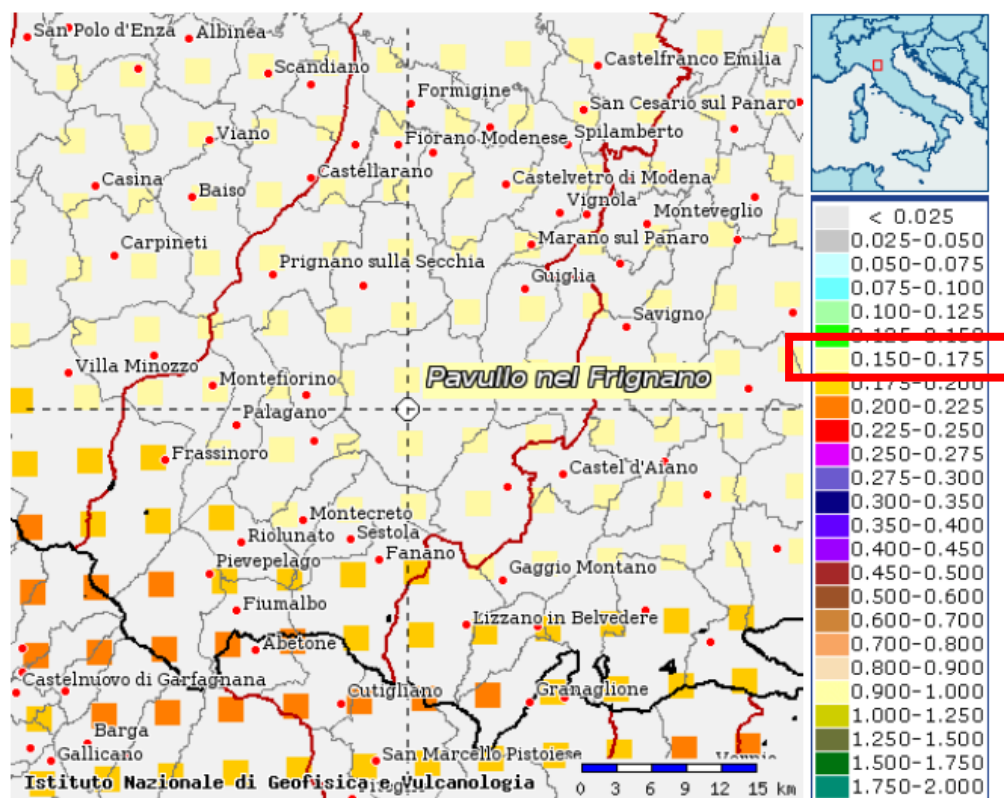


Tale modello ha utilizzato come base di partenza la precedente zonazione, con inserimento delle nuove conoscenze relative alla tettonica attiva della penisola italiana con anche le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata costruita, pertanto, mediante l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni hanno fornito come risultato la costruzione della carta I modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

La zona che interessa l'area in esame è la nr. 913, che fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale"

Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata la caratterizzazione da un definito modello cinematico basato sulle relazioni di attenuazioni stimate delle misure accelerometriche rilevate sia sul territorio nazionale che europeo, con conseguente sviluppo delle carte di pericolosità sismica. In dettaglio la Zona Sismogenetica 913 presenta un valore di magnitudo massima pari a $M_{wmax} = 5,91$. Il risultato finale, per ogni comune italiano, è rappresentato da una stima del rischio sismico espresso in termini probabilistici. Il valore della pericolosità sismica di riferimento, PGA (Peak Ground Acceleration), ipotizza un substrato omogeneo in roccia con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerato un tempo di ritorno di 50 anni.

Figura 19: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI

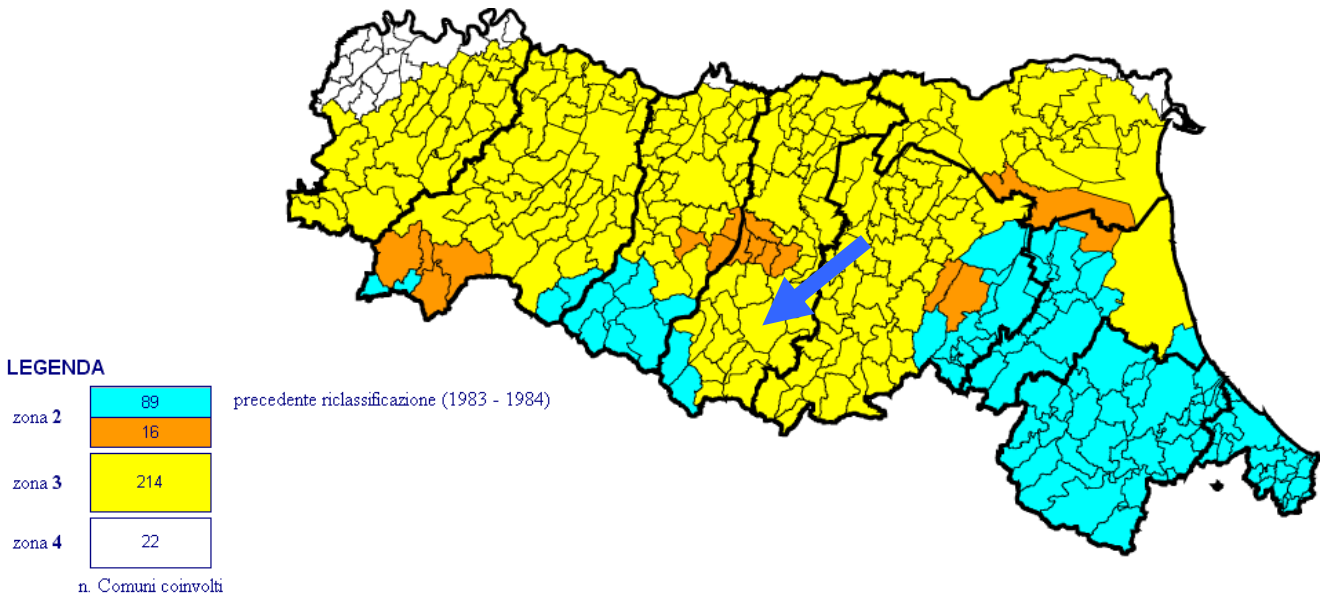


In base all'O.P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche (O.P.C.M. del 02.10.2003 n. 3316 e O.P.C.M. del 03.05.2005 n. 3431) e all'O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519, si definiscono i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche. In relazione alle "Norme tecniche" si suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche, caratterizzate da 4 diversi valori di accelerazione (a_g) orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico. Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30} > 800$ m/sec.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g

Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio della Regione Emilia Romagna

Figura 20: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003



Allegato A - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA

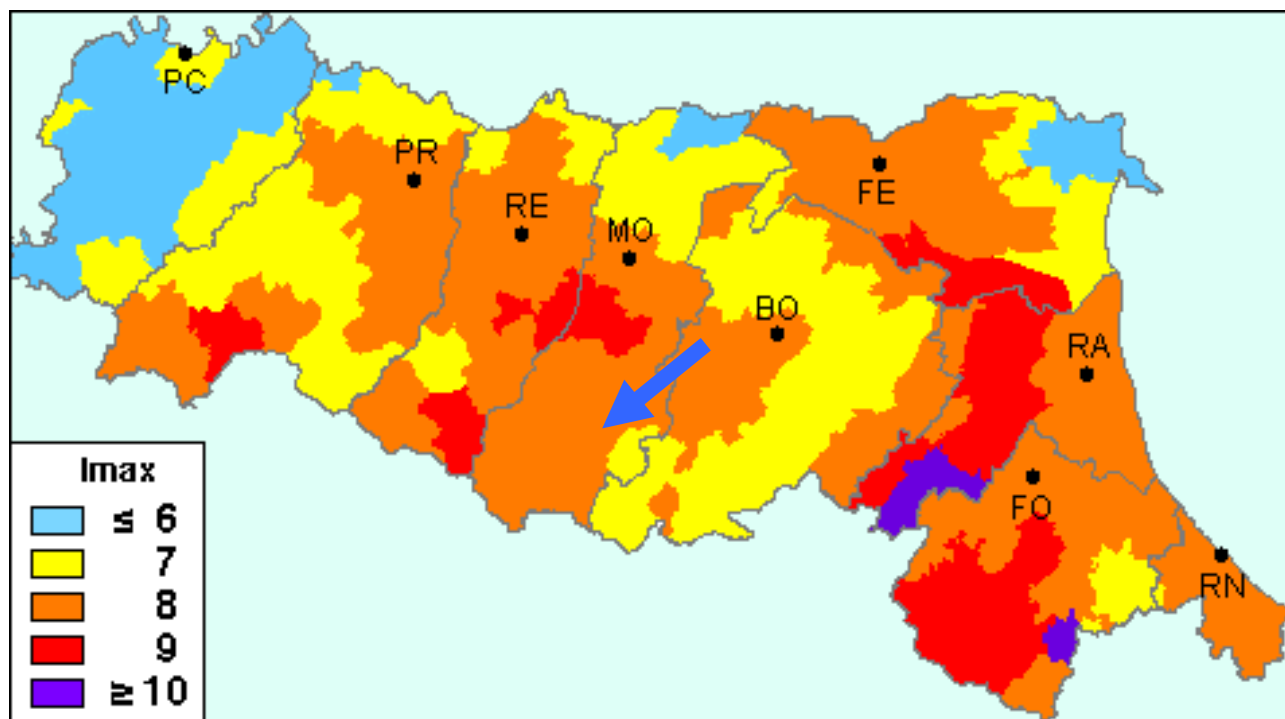
Codice ISTAT 2001	Provincia	COMUNE	Anno di			Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
			prima classificazione	declassificazione	riclassificazione			
Zona 2								
8036008	MO	CASTELVETRO DI MODENA	2003			N.C.	II	2
8036013	MO	FIORANO MODENESE	2003			N.C.	II	2
8036015	MO	FORMIGINE	2003			N.C.	II	2
8036016	MO	FRASSINORO	1927	1937	1983	II	III	2
8036019	MO	MARANELLO	2003			N.C.	II	2
8036031	MO	PIEVEPELAGO	1927	1937	1983	II	III	2
8036040	MO	SASSUOLO	2003			N.C.	II	2
Zona 3								
8036001	MO	BASTIGLIA	2003			N.C.	III	3
8036002	MO	BOMPORTO	2003			N.C.	III	3
8036003	MO	CAMPOGALLIANO	2003			N.C.	III	3
8036004	MO	CAMPOSANTO	2003			N.C.	III	3
8036005	MO	CARPI	2003			N.C.	III	3
8036006	MO	CASTELFRANCO EMILIA	2003			N.C.	III	3
8036007	MO	CASTELNUOVO RANGONE	2003			N.C.	III	3
8036009	MO	CAVEZZO	2003			N.C.	III	3
8036010	MO	CONCORDIA SULLA SECCHIA	2003			N.C.	III	3
8036011	MO	FANANO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036012	MO	FINALE EMILIA	2003			N.C.	III	3
8036014	MO	FIUMALBO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036017	MO	GUIGLIA	2003			N.C.	III	3
8036018	MO	LAMA MOCOGNO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036020	MO	MARANO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036021	MO	MEDOLLA	2003			N.C.	III	3
8036022	MO	MIRANDOLA	2003			N.C.	III	3
8036023	MO	MODENA	2003			N.C.	III	3
8036024	MO	MONTECRETO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036025	MO	MONTEFIORINO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036026	MO	MONTESE	2003			N.C.	III	3
8036027	MO	NONANTOLA	2003			N.C.	III	3
8036028	MO	NOVI DI MODENA	2003			N.C.	III	3
8036029	MO	PALAGANO	2003			N.C.	III	3
8036030	MO	PAVULLO NEL FRIGNANO	2003			N.C.	III	3
8036031	MO	POSSIDONIO	2003			N.C.	III	3
8036033	MO	PRIGNANO SULLA SECCHIA	2003			N.C.	III	3
8036034	MO	RAVARINO	2003			N.C.	III	3
8036035	MO	RIOLUNATO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036036	MO	SAN CESARIO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036037	MO	SAN FELICE SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036038	MO	SAN POSSIDONIO	2003			N.C.	III	3
8036039	MO	SAN PROSPERO	2003			N.C.	III	3
8036041	MO	SAVIGNANO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036042	MO	SERRAMAZZONI	2003			N.C.	III	3
8036043	MO	SESTOLA	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036044	MO	SOLIERA	2003			N.C.	III	3
8036045	MO	SPILAMBERTO	2003			N.C.	III	3
8036046	MO	VIGNOLA	2003			N.C.	III	3
8036047	MO	ZOCCA	2003			N.C.	III	3

In base all'O.P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 il Comune di Pavullo nel Frignano (MO) ricade in zona sismica 3.

In base all'O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519 al Comune di Pavullo nel Frignano (MO) è attribuito un valore di pericolosità sismica compreso tra 0,150 e 0,175.

Per quanto riguarda l'aspetto macrosismico della zona in esame, dallo studio effettuato da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise (1996) per conto del Dipartimento della Protezione Civile, realizzato utilizzando la banca dati del GNDT e il Catalogo dei Forti Terremoti Italiani di ING/SGA, si può notare che il Comune di Pavullo nel Frignano (MO) presenta un'intensità macrosismica I_{max} pari a 8.

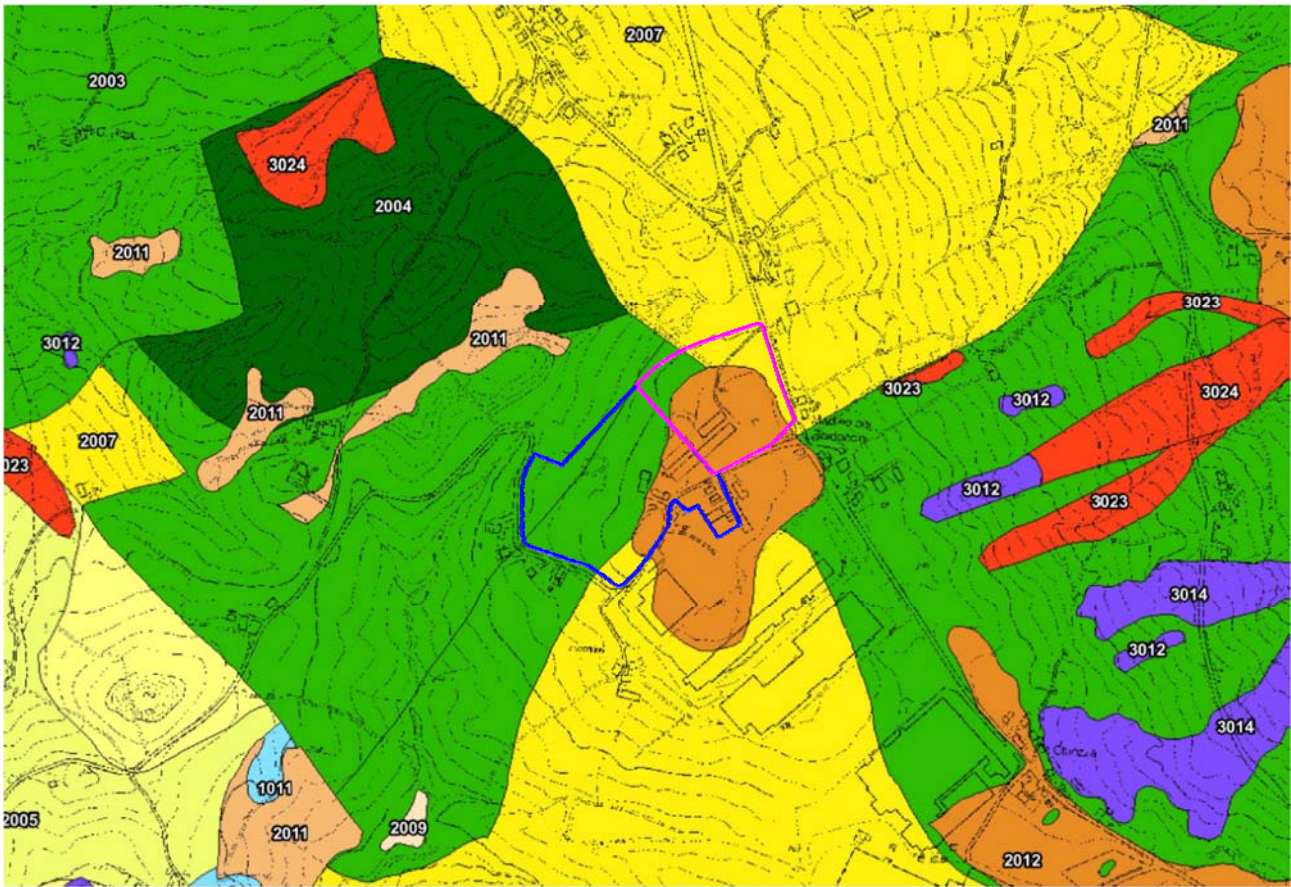
Figura 21: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA



Lo studio di microzonazione sismica di 2° livello del Comune di Pavullo, ed in particolare la cartografia delle MOPS, ricomprende l'area in esame tra le zone stabili suscettibili di instabilità con valori del fattore di amplificazione della PGA variabile da 2.1 a 2.5.

In fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo tra 0.1-0.5 e 0.5-1.0 s risulta compreso rispettivamente tra 2.1-2.5 e 1.1-2.0.

Figura 22: CARTOGRAFIA DELLE MOPS



Legenda

Zone stabili

- Lapideo
- Coesivo sovraconsolidato

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3
- Zona 4
- Zona 5
- Zona 6
- Zona 7
- Zona 8
- Zona 9
- Zona 10
- Zona 11
- Zona 12

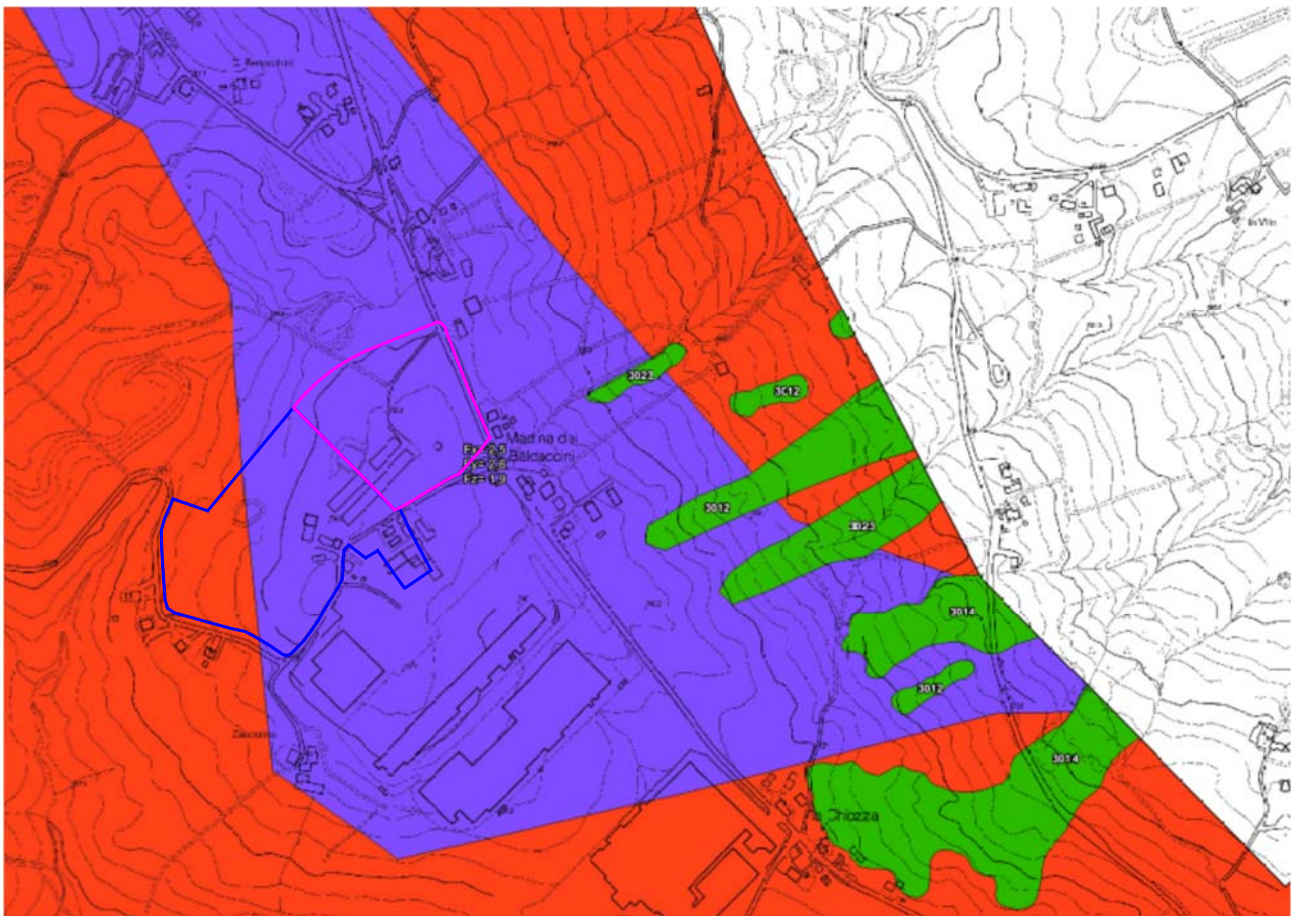
Zone suscettibili di instabilità

- Instabilità di versante attiva
- Instabilità di versante quiescente
- Cedimenti differenziali

Forme di superficie e sepolte

- Falda detritica
- Conoide alluvionale
- Orlo di scarpata morfologica >20m
- creste
- Valle sepolta larga
- Valle sepolta stretta
- Picco isolato
- Sinkhole, grotte, cavità isolate
- Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche

Figura 23: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA



Legenda

Zone stabili



Zone suscettibili di instabilità



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

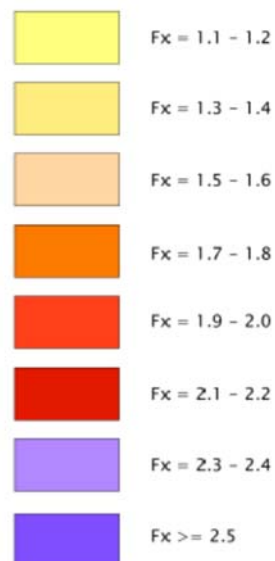
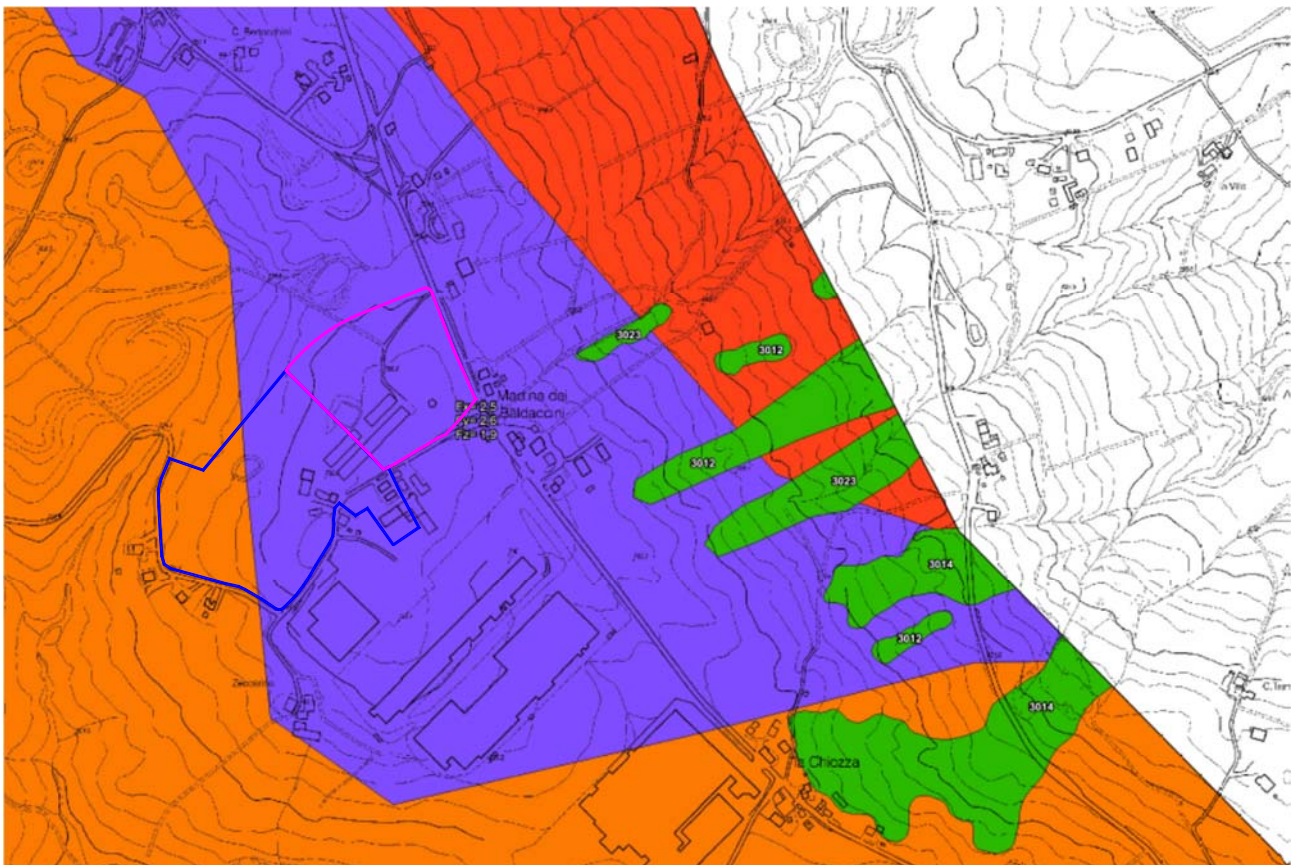


Figura 24: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (F_y)



Legenda

Zone stabili


 Zone stabili


Zone suscettibili di instabilità


 Instabilità di versante


 Cedimenti differenziali


Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali


 $F_y = 1.1 - 1.2$


 $F_y = 1.3 - 1.4$

 $F_y = 1.5 - 1.6$

 $F_y = 1.7 - 1.8$

 $F_y = 1.9 - 2.0$

 $F_y = 2.1 - 2.2$

 $F_y = 2.3 - 2.4$


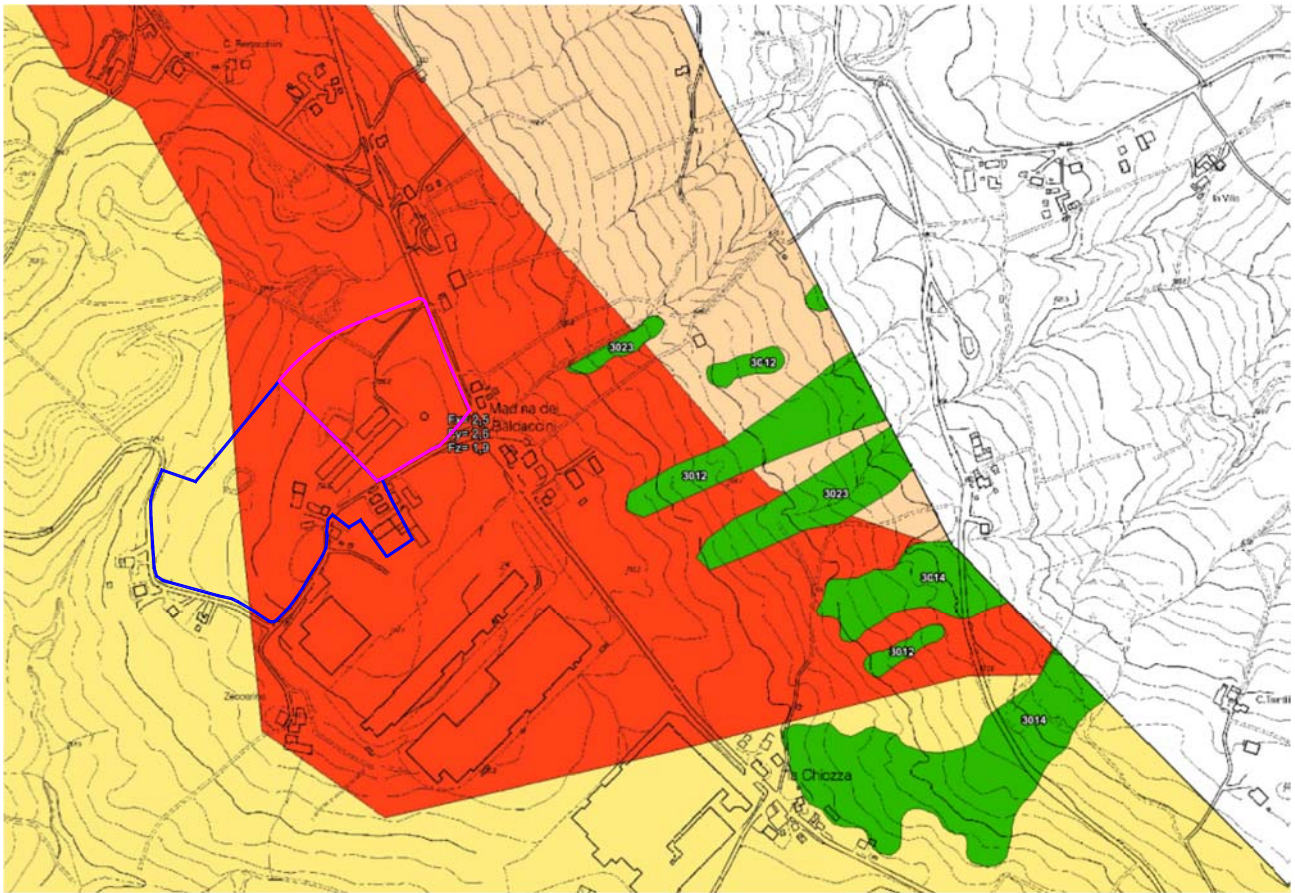
 $F_y \geq 2.5$

Figura 25: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (Fz)



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Legenda

Zone stabili

 Zone stabili

Zone suscettibili di instabilità

 Instabilità di versante

 Cedimenti differenziali

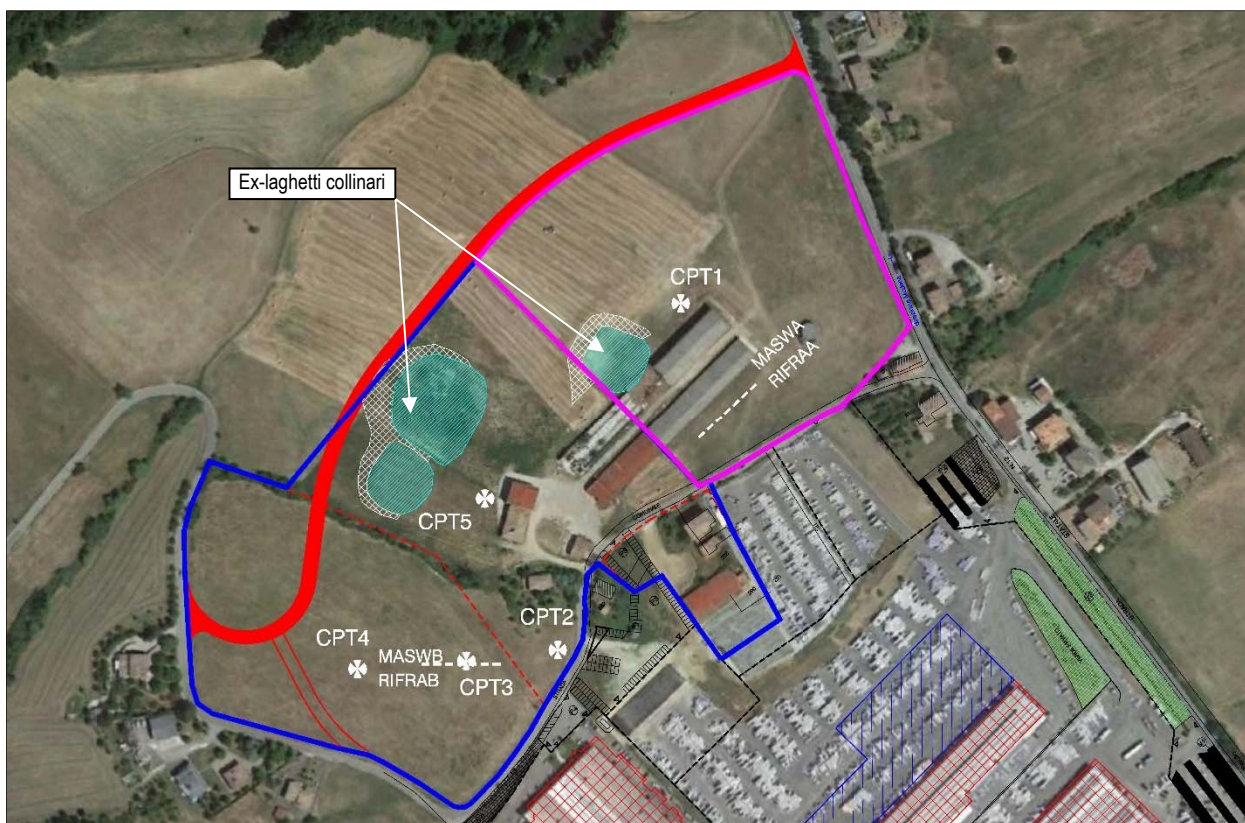
	Fz = 1.1 - 1.2
	Fz = 1.3 - 1.4
	Fz = 1.5 - 1.6
	Fz = 1.7 - 1.8
	Fz = 1.9 - 2.0
	Fz = 2.1 - 2.2
	Fz = 2.3 - 2.4
	Fz >= 2.5

8 INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Nell'area oggetto di intervento sono state eseguite le sottoriportate indagini:

- n° 5 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) effettuate dallo scrivente nell'area;
- esecuzione di nr. 2 rilievo sismici a rifrazione e determinazione dei principali rifrattori presenti nell'area;
- esecuzione di nr. 2 rilievo sismici a rifrazione e determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

Figura 26: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



8.1 PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE STATICA

Al fine di caratterizzare da un punto di vista geotecnico i depositi del sottosuolo, sono state eseguite nr. 5 indagini penetrometriche del tipo ad infissione statica con punta meccanica (CPT).

La profondità massima raggiunta dalle indagini penetrometriche è stata di 7.40 m dal p.d.c. attuale (CPT1).

Le indagini penetrometriche effettuate sono state elaborate mediante un apposito software commercializzato dalla ditta Geostru Srl denominato Static Probing che ha permesso di ricavare i principali parametri geomeccanici dei terreni riassunti nella tabelle seguenti e riportate per esteso in allegato 1.

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

PROVA CPT1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20	C	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.5	0.0	0.0	--	--	--	0.00
2	1.20	C	1.0	708.7	44.2	169.2	>9	2.0	2.0	--	--	--	169.23
3	3.00	C	1.5	1102.4	59.6	222.7	>9	2.0	2.1	--	--	--	227.14
4	7.20	C	1.2	881.1	49.0	197.6	>9	2.0	2.1	--	--	--	254.97
5	7.40	I	--	--	495.0	968.2	0.7	0.0	0.0	100.0	42.0	0.0	548.08

PROVA CPT2

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	2.40	C	1.9	1409.9	75.6	257.7	>9	2.1	2.2	--	--	--	217.38
3	2.80	I	--	--	317.3	737.8	<0.5	1.9	2.2	100.0	42.0	0.0	428.26

PROVA CPT3

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	4.00	C	2.5	1842.3	99.1	303.9	>9	2.1	2.2	--	--	--	250.99
3	5.00	I	--	--	120.3	408.0	1.4	1.8	2.1	67.0	37.2	0.0	362.97

PROVA CPT4

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	1.60	C	2.7	2008.8	107.4	319.3	>9	2.1	2.2	--	--	--	217.20
3	3.20	C	1.9	1421.7	76.7	260.0	>9	2.1	2.2	--	--	--	245.33
4	4.60	C	3.8	2783.4	150.0	391.6	>9	2.2	2.3	--	--	--	300.91
5	4.80	I	--	--	420.0	875.7	0.6	0.0	0.0	100.0	42.0	0.0	499.87

PROVA CPT5

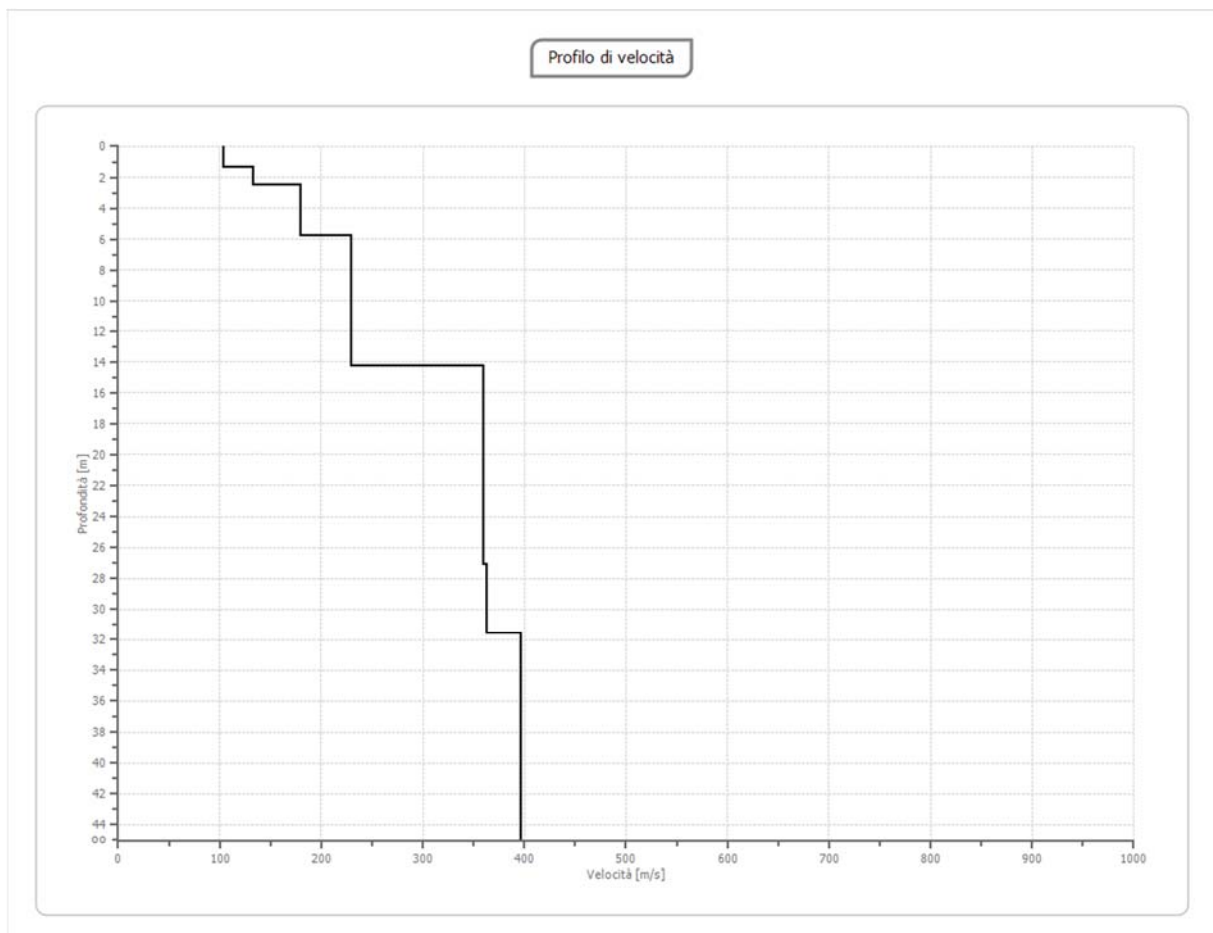
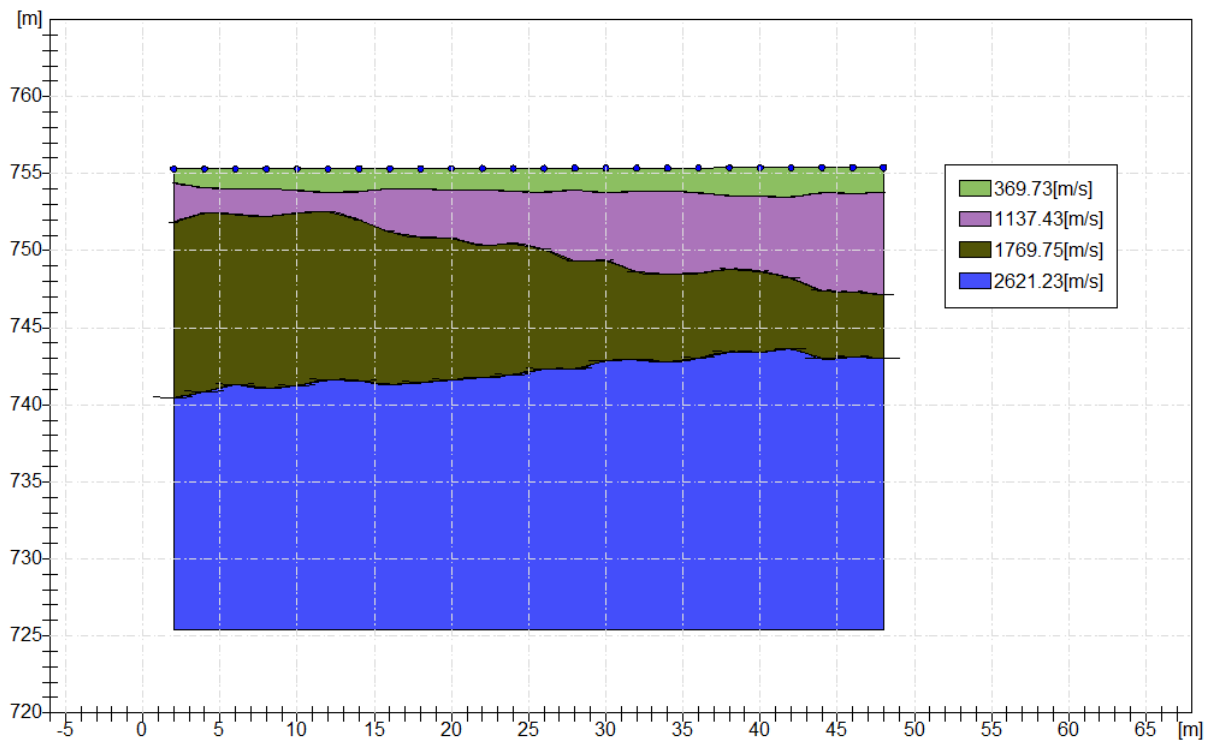
Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	2.40	C	1.4	1072.4	57.6	218.3	>9	2.0	2.1	--	--	--	206.94
3	2.80	I	--	--	329.3	754.7	<0.5	1.9	2.2	100.0	42.0	0.0	432.49

8.2 INDAGINI SISMICHE IN SITO METODO RIFRAZIONE – ONDE P

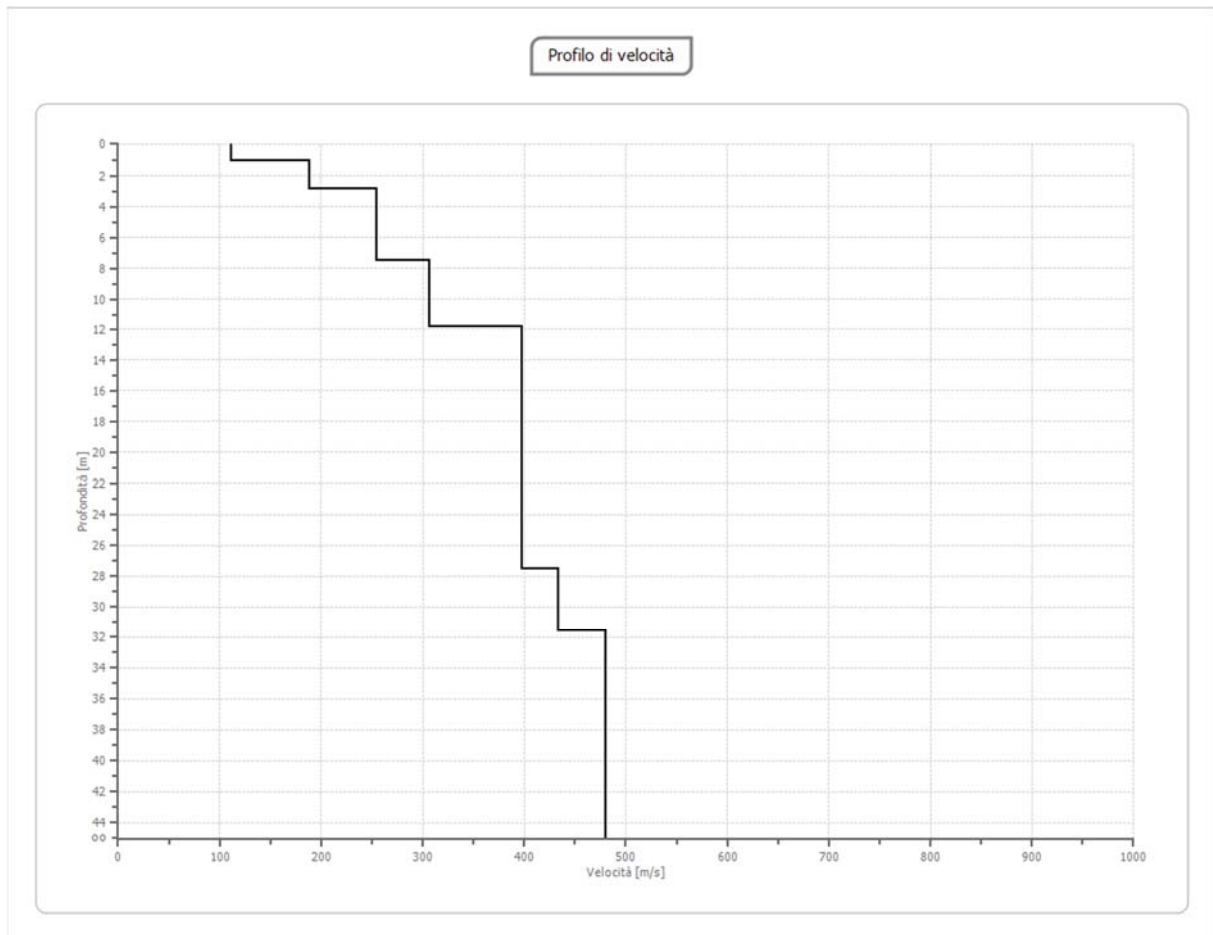
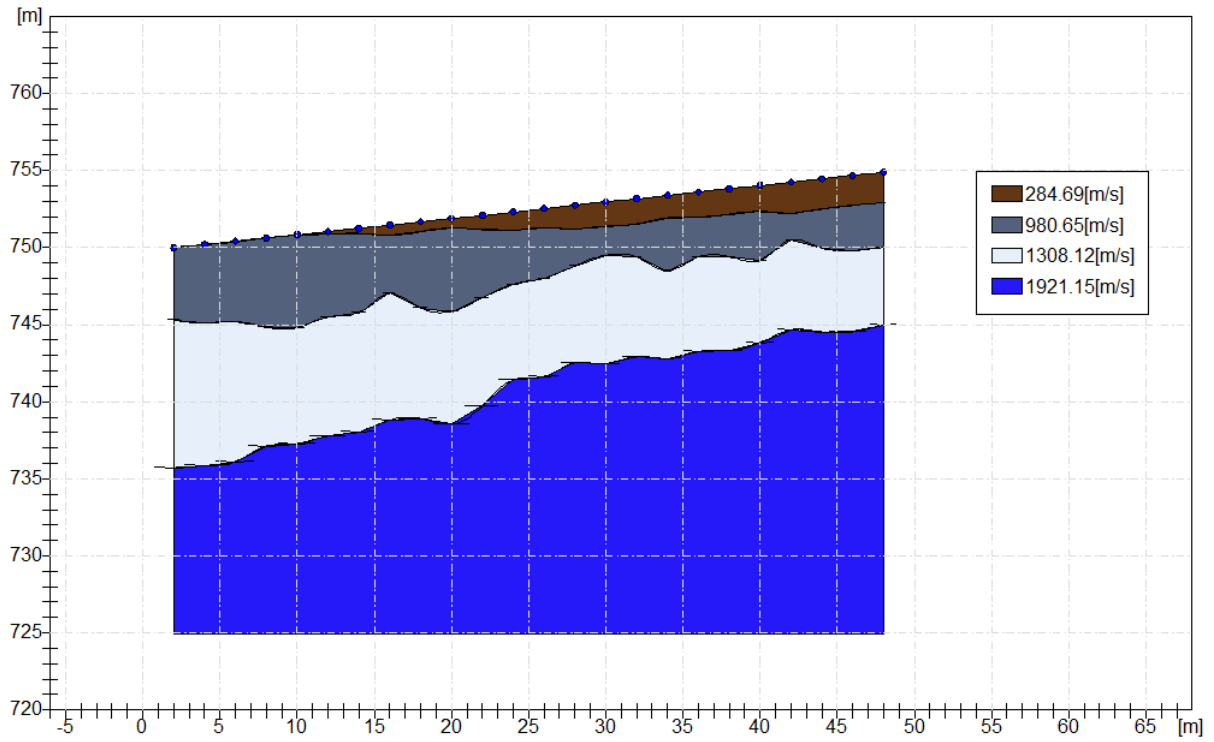
Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismico il primo sottosuolo delle aree interessate dal Piano Operativo Comunale, sono state eseguite nr. 2 indagini sismiche a rifrazione e MASW ubicate come riportato in precedenza.

Si riportano di seguito le sezioni interpretative delle velocità delle onde di compressione e il profilo delle onde di taglio (Vs) fino alla profondità richiesta dalla vigente normativa e relativa classificazione della categoria di suolo

BASE SISMICA "A"



BASE SISMICA "B"



Dai dati ottenuti dai profili sismici effettuati si è verificato che il primo strato superficiale presenta velocità delle onde di compressione limitate riconducibili alle coperture detritiche riscontrate peraltro nelle indagini penetrometriche. Per quanto riguarda le velocità delle onde di taglio i profili effettuati hanno evidenziato valori che permettono di classificare le aree come suoli di tipo "C" secondo quanto indicato nelle NTC 2008.

Le elaborazioni complete delle indagini sono riportate in allegato 2

9 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA E PRESCRIZIONI

Si riporta di seguito la Caratterizzazione Geologico-geotecnica e Sismica e del sito sulla base delle indagini effettuate sull'area oggetto d'intervento.

Caratterizzazione Sismica

- La zona sismica di riferimento è la "Zona 3".
- Le indagini sismiche effettuate hanno fornito valori di V_{S30} compresi tra 248 m/s (base sismica "A") e 309 m/s (base sismica "B") a partire dal p.d.c. attuale
- Il valore di V_{S30} calcolato consente di attribuire al suolo di fondazione la categoria "C", categoria che rimane immutata anche considerando il piano di posa delle fondazioni.
- Il sito non ricade all'interno delle categorie speciali S1 e S2.
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici valutata mediante lo studio di Microzonazione Sismica da un massimo di 2,5 (zona est) ad un minimo di 2.1 (zona ovest)
- La topografia dell'area non raggiunge acclività tali da assoggettarla a fattori di amplificazione topografica

Caratterizzazione Geologico-geotecnica

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area presso la quale si prevede in futuro la rimodellazione del versante con creazione di piazzali per lo stoccaggio di materiali ceramici, hanno rilevato la presenza di una coltre eluvio-colluviale superficiale e depositi di tipo eolico seguiti in profondità da formazioni deposizionali riconducibili alla Argille a Palombini (ad est dell'area) che procedendo in direzione ovest sono in contatto stratigrafico e tettonico con la Formazione delle Arenarie di Scabiazza (zona centrale), le Argille di Monte Piano (zona a ovest) e la Formazione delle Argille Varicolori (porzione sud dell'area)..

Dall'analisi delle resistenze alla punta e laterale rilevate durante le fasi di indagine geognostica si è riscontrata una notevole disomogeneità dei dati strettamente legati alla tipologia dei depositi superficiali che a volte evidenziano elevate resistenze alla punta penetrometrica mentre in altre i valori sono medio-bassi. Tali depositi sono seguiti in profondità dal substrato geologico.

Durante i sopralluoghi eseguiti non sono stati rilevati fenomeni di dissesto nell'area in esame e l'area risulta essere caratterizzata da una buona stabilità in relazione alla natura del substrato unitamente alla morfologia dell'area. Per tali motivazioni non si è ritenuto opportuno effettuare verifiche di stabilità di versante che si demandano eventualmente alla fase esecutiva anche in considerazione di eventuali operazioni di livellamento dell'area verificando che gli interventi esecutivi previsti non vadano ad apportare modifiche al reticolo superficiale di scolo.

In via preliminare si ritiene che le opere previste nel Piano di Organizzazione Comunale non vanno ad alterare le condizioni di stabilità attuali anche se devono essere considerate in fase esecutiva le problematiche derivanti dalla presenza dei laghetti collinari tombati in passato come riportato nelle cartografie storiche reperite in bibliografia.

Pertanto per la tipologia delle opere di rimodellazione del versante e modalità costruttive si demanda la scelta alla fase esecutiva quando saranno a disposizione dello scrivente le opere di progetto.

In fase esecutiva, sarà valutata la necessità sulla effettuazione di indagini di dettaglio mirate alla fattibilità degli interventi sulle quali verranno stimati, per gli strati di sottofondazione i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici necessari per le verifiche agli stati limite ultimo e di esercizio previsti dalle normative tecniche vigenti.

Pur non avendo rilevato la presenza di una falda idrica superficiale nei fori penetrometrici, durante i lavori di scavo si dovranno prevedere adeguati sistemi di raccolta e allontanamento di eventuali acque di falda che si presume possa localizzarsi all'interno degli strati detritici superficiali.

10 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati approfonditi gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici di un'area oggetto di Piano Operativo Comunale – Ambiti A9a e A9b – Madonna dei Baldaccini, in comune di Pavullo nel Frignano (MO).

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica integrate successivamente con il rilievo geologico/geomorfologico e con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sul lotto in esame, si esprime parere positivo per quanto di competenza relativamente agli interventi di variante urbanistica secondo quanto riportato nei capitoli precedenti della presente relazione

Durante le fasi di progettazione sarà necessaria la redazione di un'opportuna perizia geologica-geotecnica da parte di professionista abilitato a corredo dei progetti esecutivi.

La presente relazione è stata redatta ai sensi della Circolare Regionale n. 1288 dell'11 Febbraio 1983, della Circolare regionale n° 3891/AT.SU del 21 Marzo 1974, della Delibera di Giunta Regionale n. 1667 del 24 Ottobre 2005, e di quanto previsto, per quel che concerne gli aspetti sismici, dal D.M. 14/01/2008 e dalla Delibera di Giunta Regionale n° 2193/2015.

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 15/11/2017

GEO-XPERT ITALIA – servizi – Tecnologie e Ambiente s.n.c.

Dott. Geol. Giorgio Masotti



ALLEGATO 1

INDAGINI PENETROMETRICHE AD INFISSIONE STATICA

STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi
Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA
Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 1
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 1

Località : Via Montebonello Pavullo

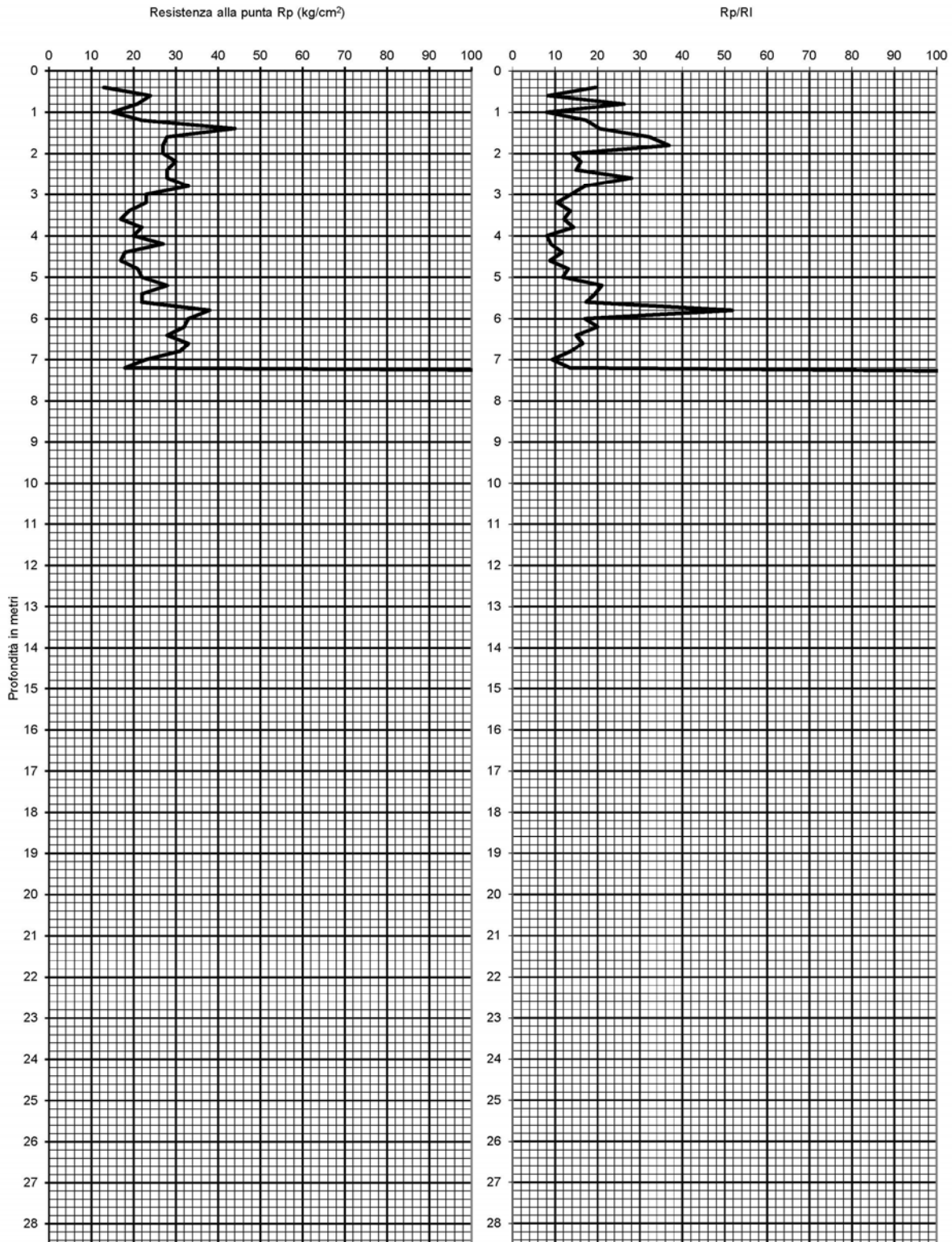
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Date : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 1

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	13	23	13	0.67	19.50
0.60	24	67	24	2.87	8.37
0.80	21	33	21	0.80	26.25
1.00	15	43	15	1.87	8.04
1.20	22	41	22	1.27	17.37
1.40	44	76	44	2.13	20.63
1.60	28	41	28	0.87	32.31
1.80	27	38	27	0.73	36.82
2.00	27	56	27	1.93	13.97
2.20	30	58	30	1.87	16.07
2.40	28	56	28	1.87	15.00
2.60	28	43	28	1.00	28.00
2.80	33	62	33	1.93	17.07
3.00	23	48	23	1.67	13.80
3.20	23	56	23	2.20	10.45
3.40	19	40	19	1.40	13.57
3.60	17	38	17	1.40	12.14
3.80	22	45	22	1.53	14.35
4.00	20	57	20	2.47	8.11
4.20	27	72	27	3.00	9.00
4.40	18	41	18	1.53	11.74
4.60	17	46	17	1.93	8.79
4.80	21	45	21	1.60	13.13
5.00	22	50	22	1.87	11.79
5.20	28	48	28	1.33	21.00
5.40	22	39	22	1.13	19.41
5.60	22	41	22	1.27	17.37
5.80	38	49	38	0.73	51.82
6.00	33	62	33	1.93	17.07
6.20	32	56	32	1.60	20.00
6.40	28	56	28	1.87	15.00
6.60	33	63	33	2.00	16.50
6.80	31	65	31	2.27	13.68
7.00	23	60	23	2.47	9.32
7.20	18	38	18	1.33	13.50
7.40	330	350	330	1.33	247.50
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.667	0.0	
0.40	13.00	23.0	13.0	2.867	4.534	22.1
0.60	24.00	67.0	24.0	0.8	30.0	3.3
0.80	21.00	33.0	21.0	1.867	11.248	8.9
1.00	15.00	43.0	15.0	1.267	11.839	8.4
1.20	22.00	41.0	22.0	2.133	10.314	9.7
1.40	44.00	76.0	44.0	0.867	50.75	2.0
1.60	28.00	41.0	28.0	0.733	38.199	2.6
1.80	27.00	38.0	27.0	1.933	13.968	7.2
2.00	27.00	56.0	27.0	1.867	14.462	6.9
2.20	30.00	58.0	30.0	1.867	16.069	6.2
2.40	28.00	56.0	28.0	1.0	28.0	3.6
2.60	28.00	43.0	28.0	1.933	14.485	6.9
2.80	33.00	62.0	33.0	1.667	19.796	5.1
3.00	23.00	48.0	23.0	2.2	10.455	9.6
3.20	23.00	56.0	23.0	1.4	16.429	6.1
3.40	19.00	40.0	19.0	1.4	13.571	7.4
3.60	17.00	38.0	17.0	1.533	11.089	9.0
3.80	22.00	45.0	22.0	2.467	8.918	11.2
4.00	20.00	57.0	20.0	3.0	6.667	15.0
4.20	27.00	72.0	27.0	1.533	17.613	5.7
4.40	18.00	41.0	18.0	1.933	9.312	10.7
4.60	17.00	46.0	17.0	1.6	10.625	9.4
4.80	21.00	45.0	21.0	1.867	11.248	8.9
5.00	22.00	50.0	22.0	1.333	16.504	6.1
5.20	28.00	48.0	28.0	1.133	24.713	4.0
5.40	22.00	39.0	22.0	1.267	17.364	5.8
5.60	22.00	41.0	22.0	0.733	30.014	3.3
5.80	38.00	49.0	38.0	1.933	19.659	5.1
6.00	33.00	62.0	33.0	1.6	20.625	4.8
6.20	32.00	56.0	32.0	1.867	17.14	5.8
6.40	28.00	56.0	28.0	2.0	14.0	7.1
6.60	33.00	63.0	33.0	2.267	14.557	6.9
6.80	31.00	65.0	31.0	2.467	12.566	8.0
7.00	23.00	60.0	23.0	1.333	17.254	5.8
7.20	18.00	38.0	18.0	1.333	13.503	7.4
7.40	330.00	350.0	330.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	0.667	0.0	Coesivo	Stima non eseguibile
1.20	19.0	1.787	2.0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
3.00	29.778	1.563	2.0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
7.20	24.476	1.714	2.0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
7.40	330.0	0.0	2.0	Incoerente	Substrato

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI
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	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Terzaghi	0.0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Terzaghi	1.0
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Terzaghi	1.5

Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	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 1	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Metodo generale del modulo Edometrico	0.0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	44.2
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	59.6
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	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 1	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Cancelli 1980	0.0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Cancelli 1980	708.7
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Cancelli 1980	1102.4
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	Cancelli 1980	881.1

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	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Imai & Tomauchi	0.0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	169.2
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Imai & Tomauchi	222.7
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	Imai & Tomauchi	197.6

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	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	Piacentini Righi 1978	>9

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	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Meyerhof	0.0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Meyerhof	2.0
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	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	Crm
Strato 1	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	0	0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	0.137	0.01781
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	0.11166	0.01452
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	0.12134	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 1	0.20	0.0	0.667		0.0	Meyerhof	0.0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	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	0.20	0.0	0.667		0.0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	0.00
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	169.23
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	227.14
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	254.97

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Harman	100.0

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Schmertmann	42.0

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4		0.0

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Buisman - Sanglerat	495.0

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Imai & Tomauchi	968.2

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Larsson 1991 S.G.I.	0.7

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Kulhawy & Mayne (1990)	1.05

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	0.05274	0.00686

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Meyerhof	0.0

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 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Meyerhof	0.0

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	Vs (m/s)

Strato 5	7.40	330.0	0.0	(Kg/cm ²) 1.4	(Kg/cm ²) 1.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	548.08
----------	------	-------	-----	------------------------------	------------------------------	--	--------

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	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Piacentini- Righi 1988	5.77E-11
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Piacentini- Righi 1988	*

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	0.20	0.0	0.667	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	1.20	19.0	1.787	0.1	0.1	Piacentini- Righi 1988	5.7E-07
Strato 3	3.00	29.778	1.563	0.4	0.4	Piacentini- Righi 1988	5.151749E-06
Strato 4	7.20	24.476	1.714	1.0	1.0	Piacentini- Righi 1988	7.3428E-07
Strato 5	7.40	330.0	0.0	1.4	1.4	Piacentini- Righi 1988	0

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 2
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 2

Località : Via Montebonello Pavullo

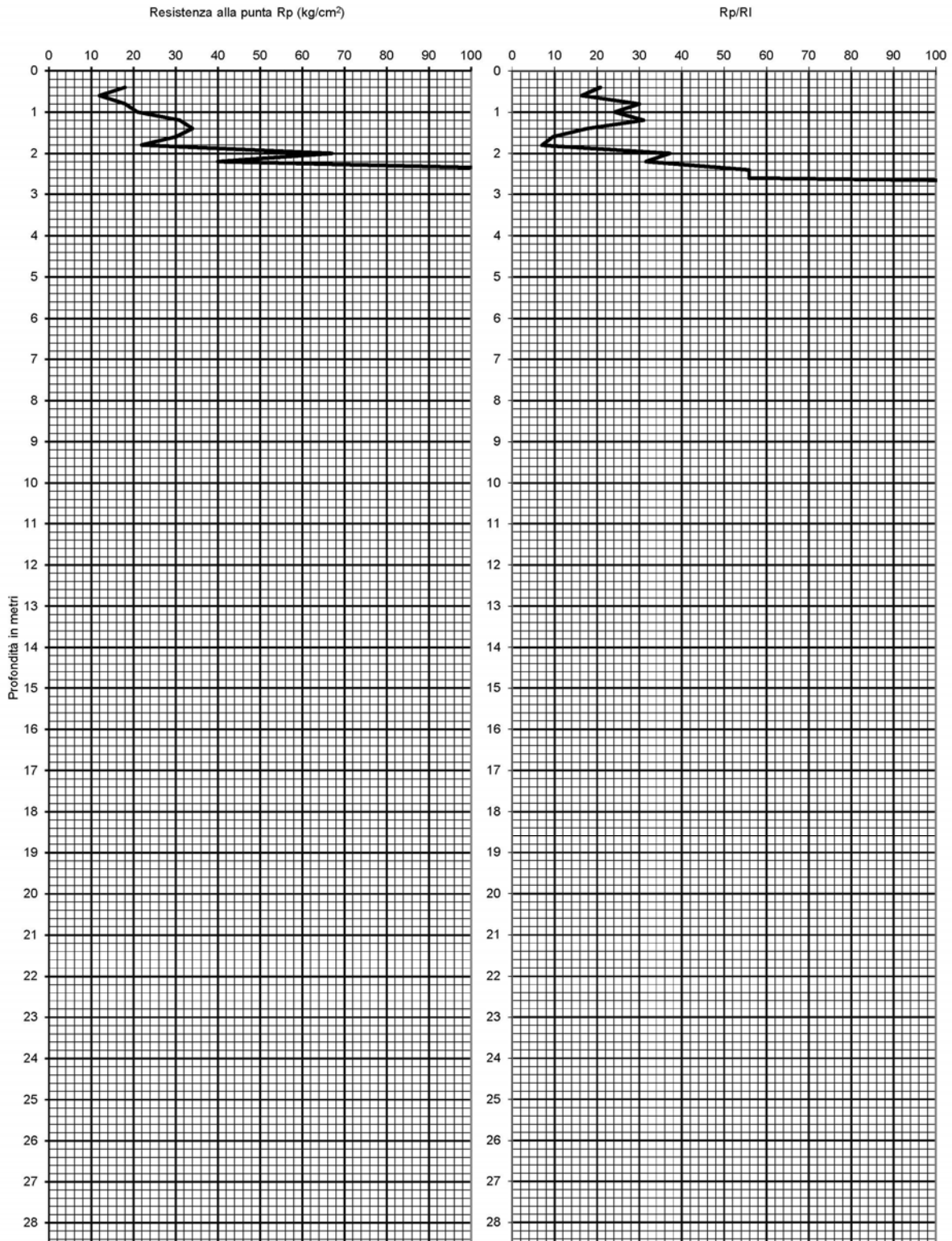
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Date : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 2

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	18	31	18	0.87	20.77
0.60	12	23	12	0.73	16.36
0.80	18	27	18	0.60	30.00
1.00	21	34	21	0.87	24.23
1.20	31	46	31	1.00	31.00
1.40	34	63	34	1.93	17.59
1.60	30	77	30	3.13	9.57
1.80	22	69	22	3.13	7.02
2.00	67	94	67	1.80	37.22
2.20	40	59	40	1.27	31.58
2.40	123	156	123	2.20	55.91
2.60	123	156	123	2.20	55.91
2.80	300	320	300	1.33	225.00
3.00					
3.20					
3.40					
3.60					
3.80					
4.00					
4.20					
4.40					
4.60					
4.80					
5.00					
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qc x 100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.867	0.0	
0.40	18.00	31.0	18.0	0.733	24.557	4.1
0.60	12.00	23.0	12.0	0.6	20.0	5.0
0.80	18.00	27.0	18.0	0.867	20.761	4.8
1.00	21.00	34.0	21.0	1.0	21.0	4.8
1.20	31.00	46.0	31.0	1.933	16.037	6.2
1.40	34.00	63.0	34.0	3.133	10.852	9.2
1.60	30.00	77.0	30.0	3.133	9.575	10.4
1.80	22.00	69.0	22.0	1.8	12.222	8.2
2.00	67.00	94.0	67.0	1.267	52.881	1.9
2.20	40.00	59.0	40.0	2.2	18.182	5.5
2.40	123.00	156.0	123.0	2.2	55.909	1.8
2.60	123.00	156.0	123.0	1.333	92.273	1.1
2.80	300.00	320.0	300.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	0.867	0.0		Stima non eseguibile
2.40	37.818	1.715	2.0	Coesivo	Argille sabbiose e limose
2.80	211.5	0.667	2.0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI 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	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Terzaghi	1.9

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	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	75.6

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	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Cancelli 1980	1409.9

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	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	257.7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Ocr
--	--------------	----	----	----------	----------	--------------	-----

	(m)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	litostatica totale (Kg/cm ²)	litostatica efficace (Kg/cm ²)		
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Piacentini Righi 1978	>9

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	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	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	Crm
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	0.11359	0.01477

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	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	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 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	217.38

TERRENI INCOERENT I

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Harman	100.0

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Schmertmann	42.0

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5		0.0

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Buisman - Sanglerat	317.3
----------	------	-------	-------	-----	-----	---------------------	-------

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	737.8

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

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 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	0.12752	0.01658

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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	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	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	428.26

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	0.20	0.0	0.867	0.0	0.0	Piacentini-	*

Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	2.07E-09
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	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	0.20	0.0	0.867	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Piacentini- Righi 1988	2.347286E-04
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Piacentini- Righi 1988	0

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 3
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 3

Località : Via Montebonello Pavullo

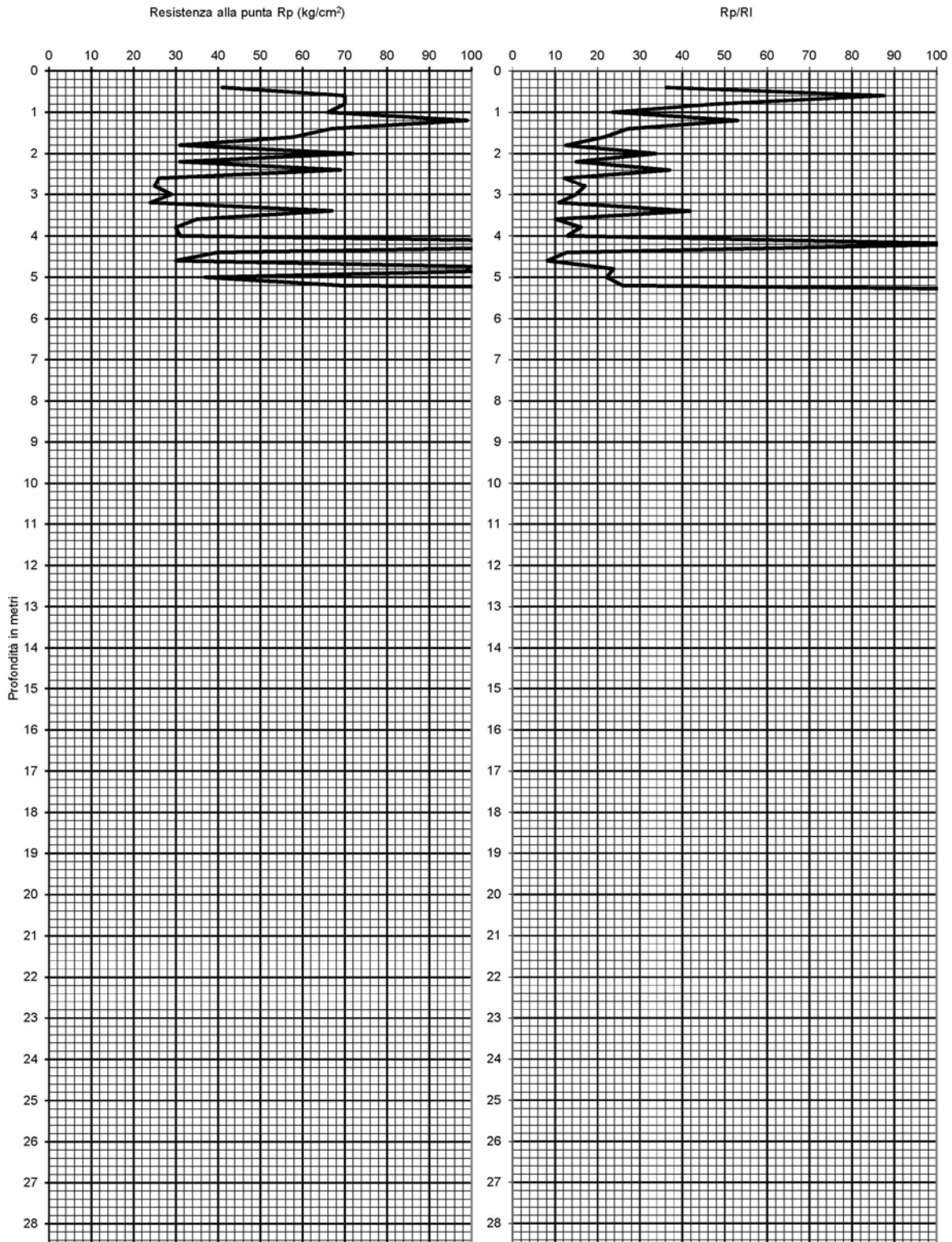
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Date : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 3

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	41	58	41	1.13	36.18
0.60	70	82	70	0.80	87.50
0.80	70	92	70	1.47	47.73
1.00	66	108	66	2.80	23.57
1.20	99	127	99	1.87	53.04
1.40	67	104	67	2.47	27.16
1.60	58	98	58	2.67	21.75
1.80	31	68	31	2.47	12.57
2.00	72	104	72	2.13	33.75
2.20	31	62	31	2.07	15.00
2.40	69	97	69	1.87	36.96
2.60	26	58	26	2.13	12.19
2.80	25	47	25	1.47	17.05
3.00	29	58	29	1.93	15.00
3.20	24	57	24	2.20	10.91
3.40	67	91	67	1.60	41.88
3.60	35	87	35	3.47	10.10
3.80	30	58	30	1.87	16.07
4.00	31	67	31	2.40	12.92
4.20	167	190	167	1.53	108.91
4.40	40	87	40	3.13	12.77
4.60	30	85	30	3.67	8.18
4.80	127	207	127	5.33	23.81
5.00	37	62	37	1.67	22.20
5.20	69	109	69	2.67	25.88
5.40	300	320	300	1.33	225.00
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	1.133	0.0	
0.40	41.00	58.0	41.0	0.8	51.25	2.0
0.60	70.00	82.0	70.0	1.467	47.716	2.1
0.80	70.00	92.0	70.0	2.8	25.0	4.0
1.00	66.00	108.0	66.0	1.867	35.351	2.8
1.20	99.00	127.0	99.0	2.467	40.13	2.5
1.40	67.00	104.0	67.0	2.667	25.122	4.0
1.60	58.00	98.0	58.0	2.467	23.51	4.3
1.80	31.00	68.0	31.0	2.133	14.534	6.9
2.00	72.00	104.0	72.0	2.067	34.833	2.9
2.20	31.00	62.0	31.0	1.867	16.604	6.0
2.40	69.00	97.0	69.0	2.133	32.349	3.1
2.60	26.00	58.0	26.0	1.467	17.723	5.6
2.80	25.00	47.0	25.0	1.933	12.933	7.7
3.00	29.00	58.0	29.0	2.2	13.182	7.6
3.20	24.00	57.0	24.0	1.6	15.0	6.7
3.40	67.00	91.0	67.0	3.467	19.325	5.2
3.60	35.00	87.0	35.0	1.867	18.747	5.3
3.80	30.00	58.0	30.0	2.4	12.5	8.0
4.00	31.00	67.0	31.0	1.533	20.222	4.9
4.20	167.00	190.0	167.0	3.133	53.304	1.9
4.40	40.00	87.0	40.0	3.667	10.908	9.2
4.60	30.00	85.0	30.0	5.333	5.625	17.8
4.80	127.00	207.0	127.0	1.667	76.185	1.3
5.00	37.00	62.0	37.0	2.667	13.873	7.2
5.20	69.00	109.0	69.0	1.333	51.763	1.9
5.40	300.00	320.0	300.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	1.133	0.0		Stima non eseguibile
4.00	49.526	2.063	2.1	Coesivo	Argille sabbiose e limose
5.00	80.2	3.293	2.0	Incoerente	Substrato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI 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	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Terzaghi	2.5

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	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	99.1

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	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Cancelli 1980	1842.3
----------	------	--------	-------	-----	-----	---------------	--------

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	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Imai & Tomauchi	303.9

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	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Piacentini Righi 1978	>9

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	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	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 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	0.10592	0.01377

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	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	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 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	250.99

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Harman	67.0

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Schmertmann	37.2

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9		0.0

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Buisman - Sanglerat	120.3

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Imai & Tomauchi	408.0

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Larsson 1991 S.G.I.	1.4

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Kulhawy & Mayne (1990)	0.56

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	0.09672	0.01257

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	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	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 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica	Tensione litostatica	Correlazione	Vs (m/s)

				totale (Kg/cm ²)	efficace (Kg/cm ²)		
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	362.97

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	0.20	0.0	1.133	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Piacentini- Righi 1988	9.08E-09
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Piacentini- Righi 1988	2.66E-09

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	0.20	0.0	1.133	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Piacentini- Righi 1988	0.0013489
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Piacentini- Righi 1988	6.404596E-04

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 4
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 4

Località : Via Montebonello Pavullo

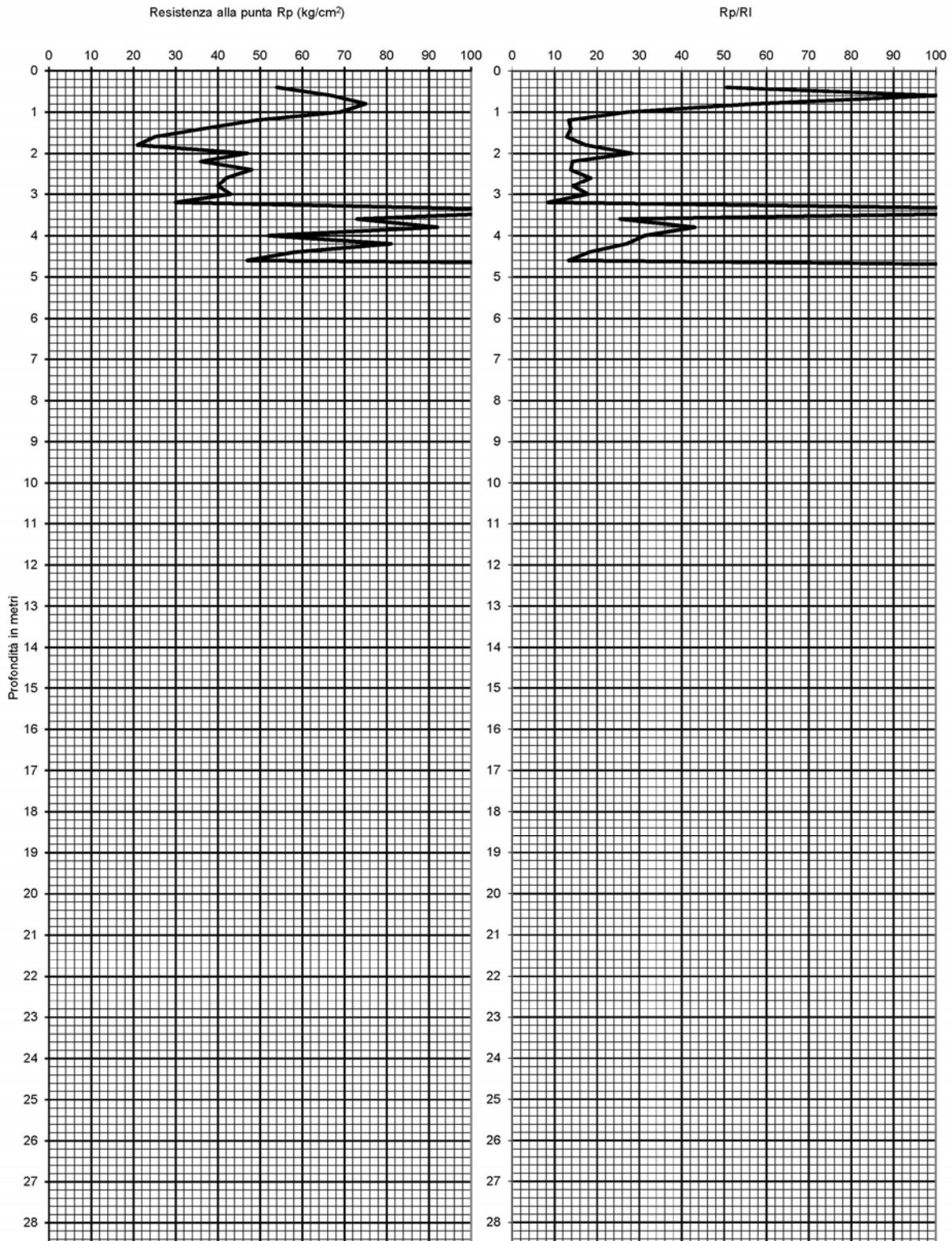
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Date : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 4

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	54	70	54	1.07	50.63
0.60	67	77	67	0.67	100.50
0.80	75	95	75	1.33	56.25
1.00	69	107	69	2.53	27.24
1.20	49	104	49	3.67	13.36
1.40	37	77	37	2.67	13.88
1.60	25	54	25	1.93	12.93
1.80	21	39	21	1.20	17.50
2.00	47	72	47	1.67	28.20
2.20	36	74	36	2.53	14.21
2.40	48	100	48	3.47	13.85
2.60	42	76	42	2.27	18.53
2.80	40	82	40	2.80	14.29
3.00	43	79	43	2.40	17.92
3.20	30	83	30	3.53	8.49
3.40	122	134	122	0.80	152.50
3.60	73	116	73	2.87	25.47
3.80	92	124	92	2.13	43.13
4.00	52	77	52	1.67	31.20
4.20	81	126	81	3.00	27.00
4.40	58	106	58	3.20	18.13
4.60	47	100	47	3.53	13.30
4.80	280	300	280	1.33	210.00
5.00					
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	1.067	0.0	
0.40	54.00	70.0	54.0	0.667	80.96	1.2
0.60	67.00	77.0	67.0	1.333	50.263	2.0
0.80	75.00	95.0	75.0	2.533	29.609	3.4
1.00	69.00	107.0	69.0	3.667	18.816	5.3
1.20	49.00	104.0	49.0	2.667	18.373	5.4
1.40	37.00	77.0	37.0	1.933	19.141	5.2
1.60	25.00	54.0	25.0	1.2	20.833	4.8
1.80	21.00	39.0	21.0	1.667	12.597	7.9
2.00	47.00	72.0	47.0	2.533	18.555	5.4
2.20	36.00	74.0	36.0	3.467	10.384	9.6
2.40	48.00	100.0	48.0	2.267	21.173	4.7
2.60	42.00	76.0	42.0	2.8	15.0	6.7
2.80	40.00	82.0	40.0	2.4	16.667	6.0
3.00	43.00	79.0	43.0	3.533	12.171	8.2
3.20	30.00	83.0	30.0	0.8	37.5	2.7
3.40	122.00	134.0	122.0	2.867	42.553	2.4
3.60	73.00	116.0	73.0	2.133	34.224	2.9
3.80	92.00	124.0	92.0	1.667	55.189	1.8
4.00	52.00	77.0	52.0	3.0	17.333	5.8
4.20	81.00	126.0	81.0	3.2	25.313	4.0
4.40	58.00	106.0	58.0	3.533	16.417	6.1
4.60	47.00	100.0	47.0	1.333	35.259	2.8
4.80	280.00	300.0	280.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	1.067	0.0		Stima non eseguibile
1.60	53.714	2.0	2.1	Coesivo	Argille sabbiose e limose
3.20	38.375	2.433	2.1	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
4.60	75.0	2.533	2.1	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
4.80	280.0	0.0	2.0	Incoerente	Substrato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI 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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Terzaghi	2.7
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Terzaghi	1.9
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Terzaghi	3.8

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	107.4
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Metodo generale del modulo	76.7

Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Edometrico Metodo generale del modulo Edometrico	150.0
----------	------	------	-------	-----	-----	--	-------

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Cancelli 1980	2008.8
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Cancelli 1980	1421.7
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Cancelli 1980	2783.4

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	319.3
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	260.0
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Imai & Tomauchi	391.6

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Piacentini Righi 1978	>9

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Meyerhof	2.2

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	0.10398	0.01352
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	0.11313	0.01471
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	0.09766	0.0127

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Meyerhof	2.2

Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Meyerhof	2.2
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Meyerhof	2.3

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	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	217.20
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	245.33
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	300.91

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Harman	100.0

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Schmertmann	42.0

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9		0.0

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Buisman - Sanglerat	420.0

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Imai & Tomauchi	875.7

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Larsson 1991 S.G.I.	0.6

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Kulhawy & Mayne (1990)	1.23

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	0.02753	0.00358

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Meyerhof	0.0

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Meyerhof	0.0

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 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	499.87

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	0.20	0.0	1.067	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	*
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-07
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Piacentini-Righi 1988	3.78E-07
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Piacentini-Righi 1988	*

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	0.20	0.0	1.067	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Piacentini-	1.612483E-02

Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	1.15125E-06
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Piacentini- Righi 1988	0.0851198
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Piacentini- Righi 1988	0

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 5
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 5

Località : Via Montebonello Pavullo

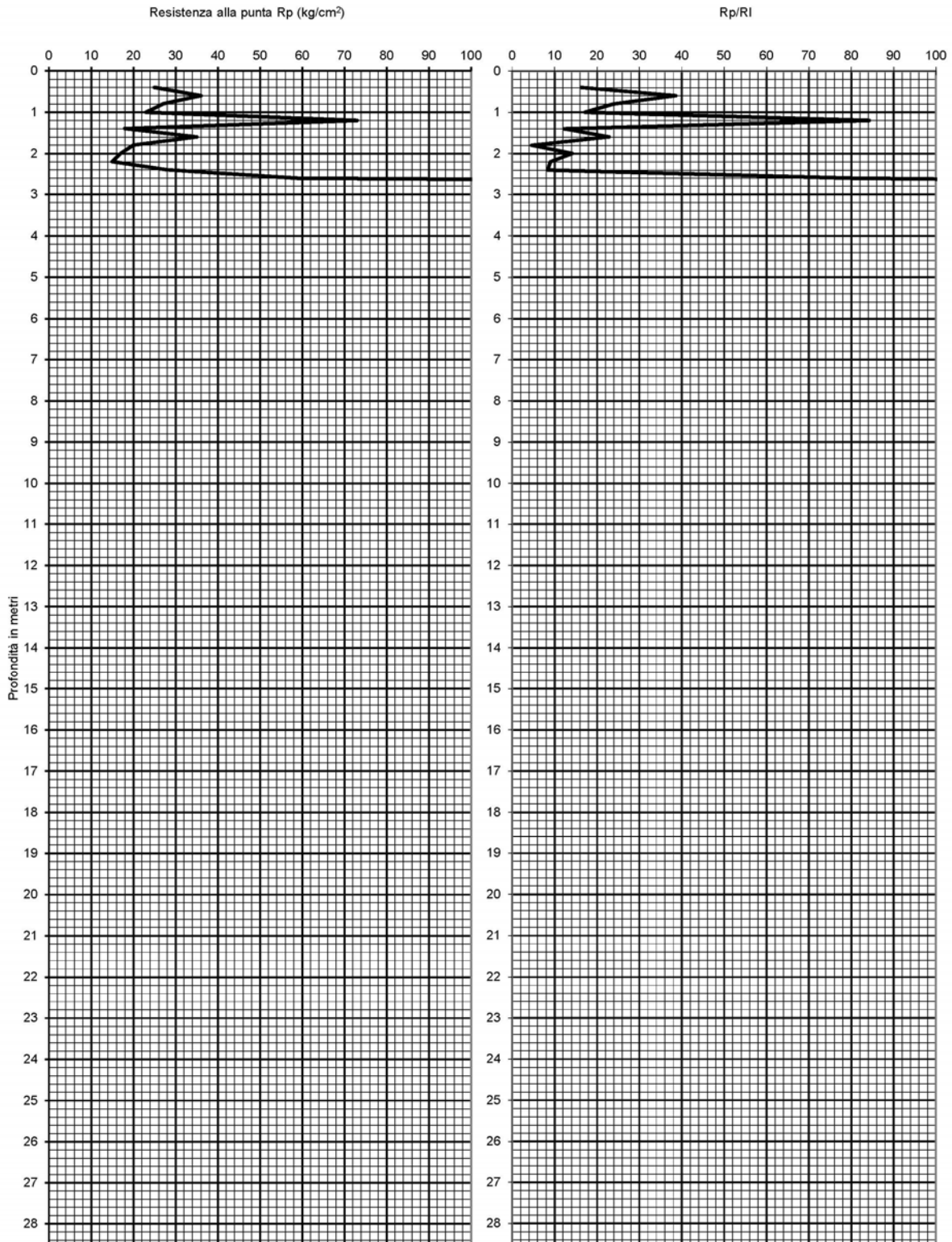
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 5

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPERT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	25	48	25	1.53	16.30
0.60	36	50	36	0.93	38.57
0.80	27	44	27	1.13	23.82
1.00	23	43	23	1.33	17.25
1.20	73	86	73	0.87	84.23
1.40	18	40	18	1.47	12.27
1.60	35	58	35	1.53	22.83
1.80	20	85	20	4.33	4.62
2.00	17	35	17	1.20	14.17
2.20	15	40	15	1.67	9.00
2.40	28	78	28	3.33	8.40
2.60	59	70	59	0.73	80.45
2.80	380	400	380	1.33	285.00
3.00					
3.20					
3.40					
3.60					
3.80					
4.00					
4.20					
4.40					
4.60					
4.80					
5.00					
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	1.533	0.0	
0.40	25.00	48.0	25.0	0.933	26.795	3.7
0.60	36.00	50.0	36.0	1.133	31.774	3.1
0.80	27.00	44.0	27.0	1.333	20.255	4.9
1.00	23.00	43.0	23.0	0.867	26.528	3.8
1.20	73.00	86.0	73.0	1.467	49.761	2.0
1.40	18.00	40.0	18.0	1.533	11.742	8.5
1.60	35.00	58.0	35.0	4.333	8.078	12.4
1.80	20.00	85.0	20.0	1.2	16.667	6.0
2.00	17.00	35.0	17.0	1.667	10.198	9.8
2.20	15.00	40.0	15.0	3.333	4.5	22.2
2.40	28.00	78.0	28.0	0.733	38.199	2.6
2.60	59.00	70.0	59.0	1.333	44.261	2.3
2.80	380.00	400.0	380.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	1.533	0.0		Stima non eseguibile
2.40	28.818	1.685	2.0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
2.80	219.5	0.667	2.1	Incoerente	Substrato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

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	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Terzaghi	1.4

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	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	57.6

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	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Cancelli 1980	1072.4

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	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	218.3

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica	Tensione litostatica	Correlazione	Ocr
--	------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	----------------------	--------------	-----

				totale (Kg/cm ²)	efficace (Kg/cm ²)		
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Piacentini Righi 1978	>9

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	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	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	Crm
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	0.11315	0.01471

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	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	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	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	206.94

TERRENI INCOERENTI I

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Harman	100.0

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Schmertmann	42.0

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5		0.0

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Buisman -	329.3

						Sanglerat	
--	--	--	--	--	--	-----------	--

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	754.7

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 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	0.14513	0.01887

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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	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	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	432.49

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	0.20	0.0	1.533	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	*

Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	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	0.20	0.0	1.533	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	8.6454E-07
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	0

ALLEGATO 2

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE E
VALUTAZIONE DEL VALORE DI V_{S30} -
METODO MASW

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. L'indagine si basa sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche secondo il principio di Fermat e della Legge di Snell per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_r = v_1 \sin \theta_i$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

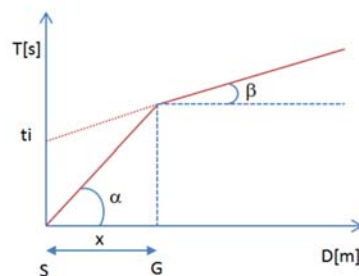
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

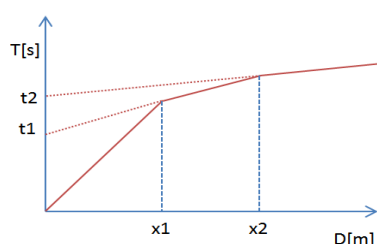
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

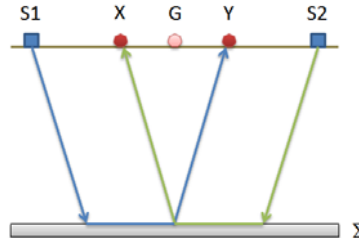
Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



Dall'analisi dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

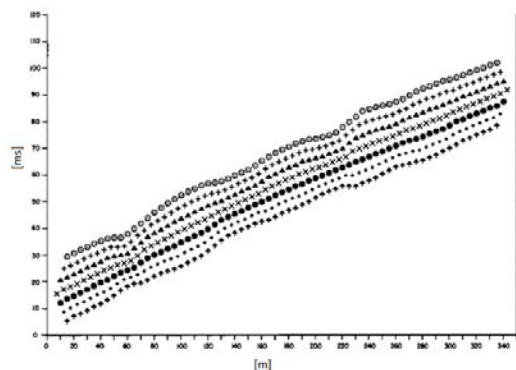
In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) studiato da Palmer nel 1980. Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



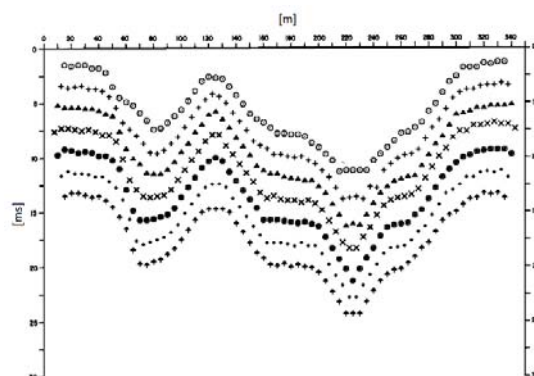
dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della funzione tempo-profondità è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifratore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE – “A”

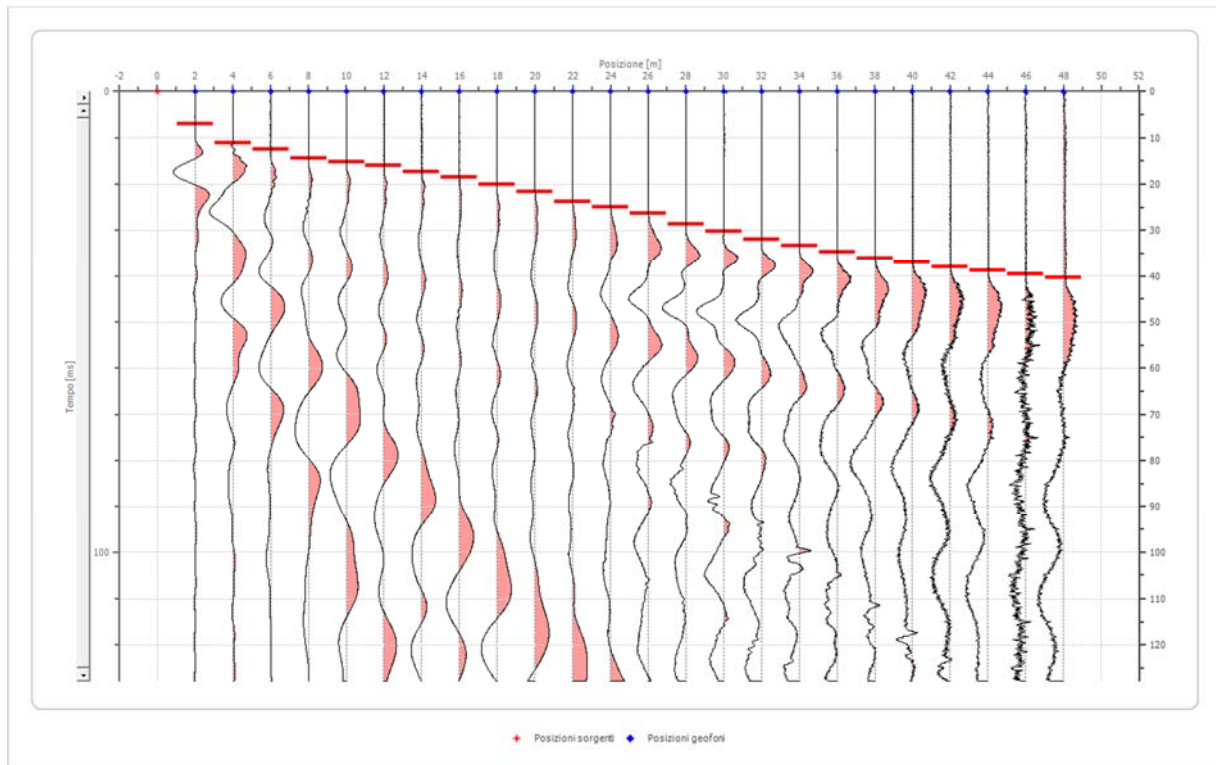
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	755.3
2	4.0	755.3
3	6.0	755.3
4	8.0	755.3
5	10.0	755.3
6	12.0	755.3
7	14.0	755.3
8	16.0	755.3
9	18.0	755.3
10	20.0	755.3
11	22.0	755.3
12	24.0	755.3
13	26.0	755.3
14	28.0	755.4
15	30.0	755.4
16	32.0	755.4
17	34.0	755.4
18	36.0	755.4
19	38.0	755.4
20	40.0	755.4
21	42.0	755.4
22	44.0	755.4
23	46.0	755.4
24	48.0	755.4

Battuta 1

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

0 [m]
755 [m]

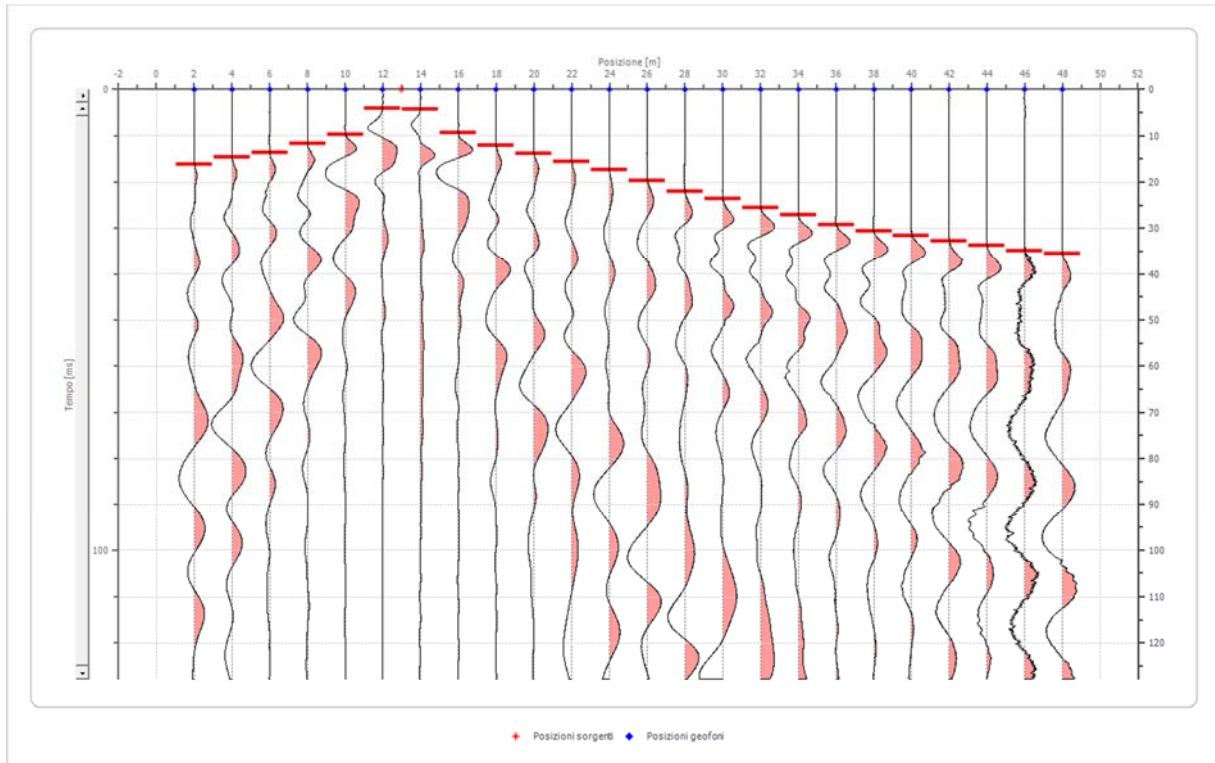


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.0776
4.0	11.1111
6.0	12.5571
8.0	14.3836
10.0	15.2207
12.0	15.9817
14.0	17.3516
16.0	18.4932
18.0	20.0913
20.0	21.6134
22.0	23.7443
24.0	24.9619
26.0	26.3318
28.0	28.6910
30.0	30.2892
32.0	31.9635
34.0	33.3333
36.0	34.7032
38.0	35.9970
40.0	36.9863
42.0	37.8995
44.0	38.8128
46.0	39.5738
48.0	40.2588

Battuta 2

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

13 [m]
755 [m]

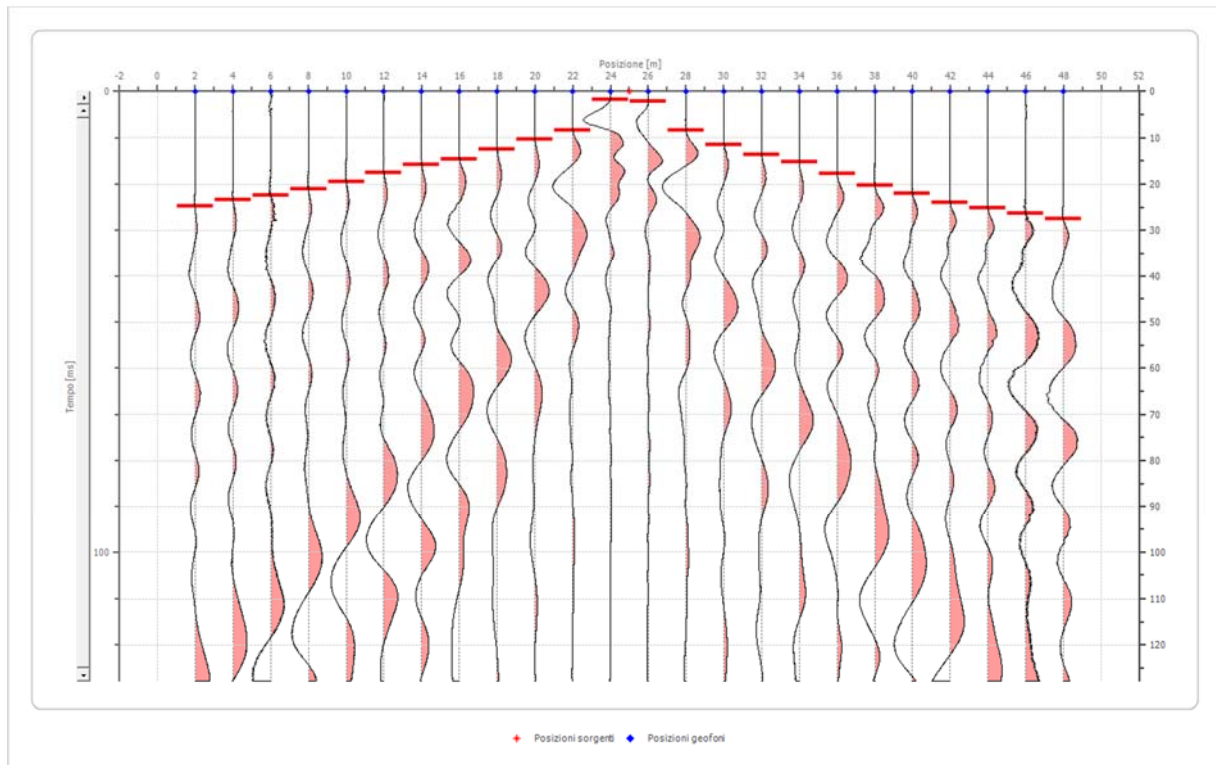


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	16.2100
4.0	14.6880
6.0	13.6986
8.0	11.7199
10.0	9.6651
12.0	4.1857
14.0	4.3379
16.0	9.3607
18.0	12.0244
20.0	13.9269
22.0	15.6012
24.0	17.4277
26.0	19.6347
28.0	21.9939
30.0	23.5921
32.0	25.4947
34.0	27.1690
36.0	29.2998
38.0	30.5936
40.0	31.5068
42.0	32.6484
44.0	33.6377
46.0	34.7793
48.0	35.4642

Battuta 3

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

25 [m]
755 [m]

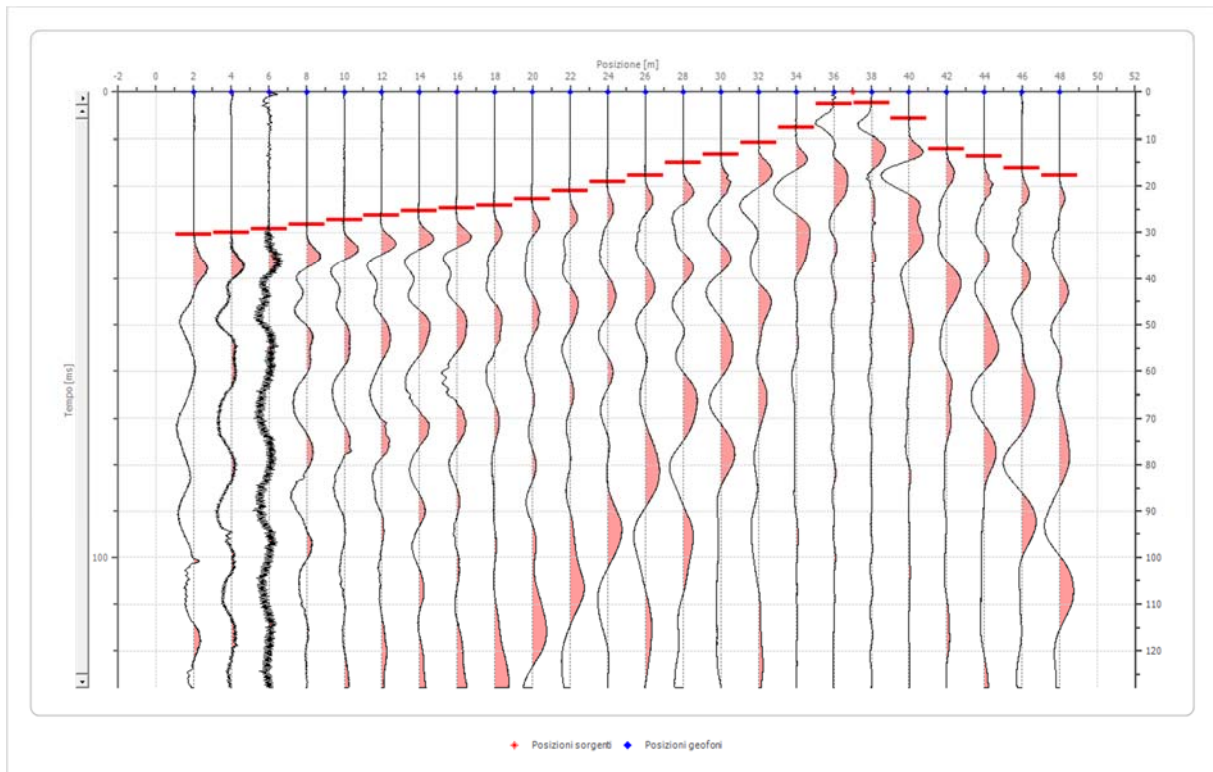


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	24.7336
4.0	23.4399
6.0	22.3744
8.0	21.0807
10.0	19.4825
12.0	17.5799
14.0	15.8295
16.0	14.6119
18.0	12.4810
20.0	10.3501
22.0	8.2953
24.0	1.7504
26.0	2.0548
28.0	8.3714
30.0	11.4916
32.0	13.6225
34.0	15.2207
36.0	17.7321
38.0	20.3196
40.0	21.9939
42.0	24.0487
44.0	25.1903
46.0	26.3318
48.0	27.5495

Battuta 4

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

37 [m]
755 [m]

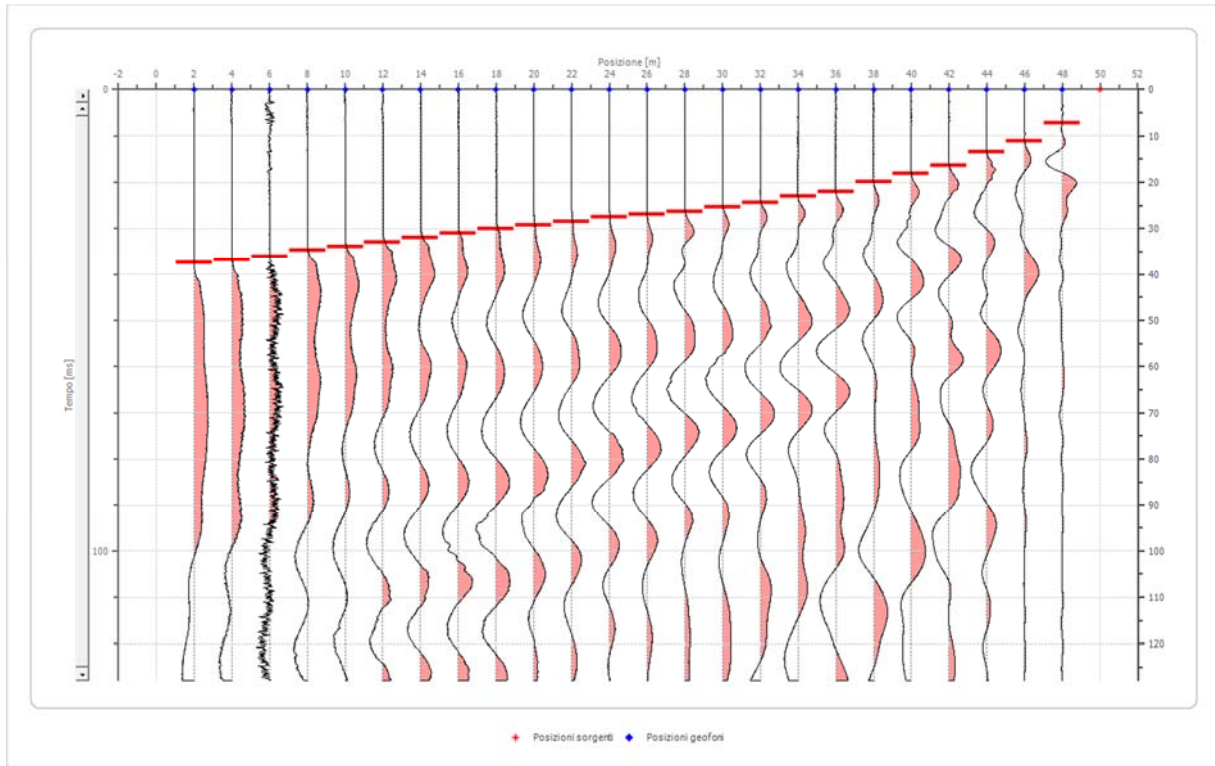


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	30.4414
4.0	29.9087
6.0	29.2237
8.0	28.1583
10.0	27.3212
12.0	26.2557
14.0	25.4186
16.0	24.6575
18.0	24.1248
20.0	22.8311
22.0	21.0046
24.0	19.1781
26.0	17.6560
28.0	14.9163
30.0	13.2420
32.0	10.8067
34.0	7.6865
36.0	2.5114
38.0	2.2831
40.0	5.6317
42.0	12.0244
44.0	13.6225
46.0	16.2100
48.0	17.6560

Battuta 5

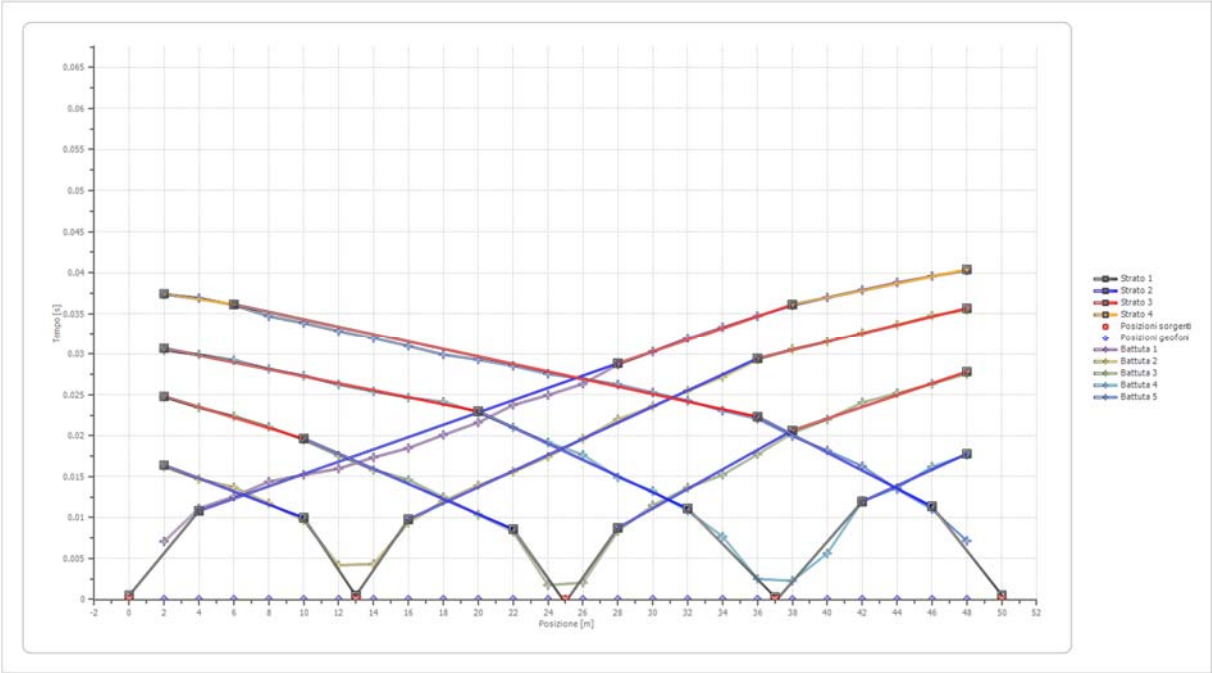
Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

50 [m]
755 [m]

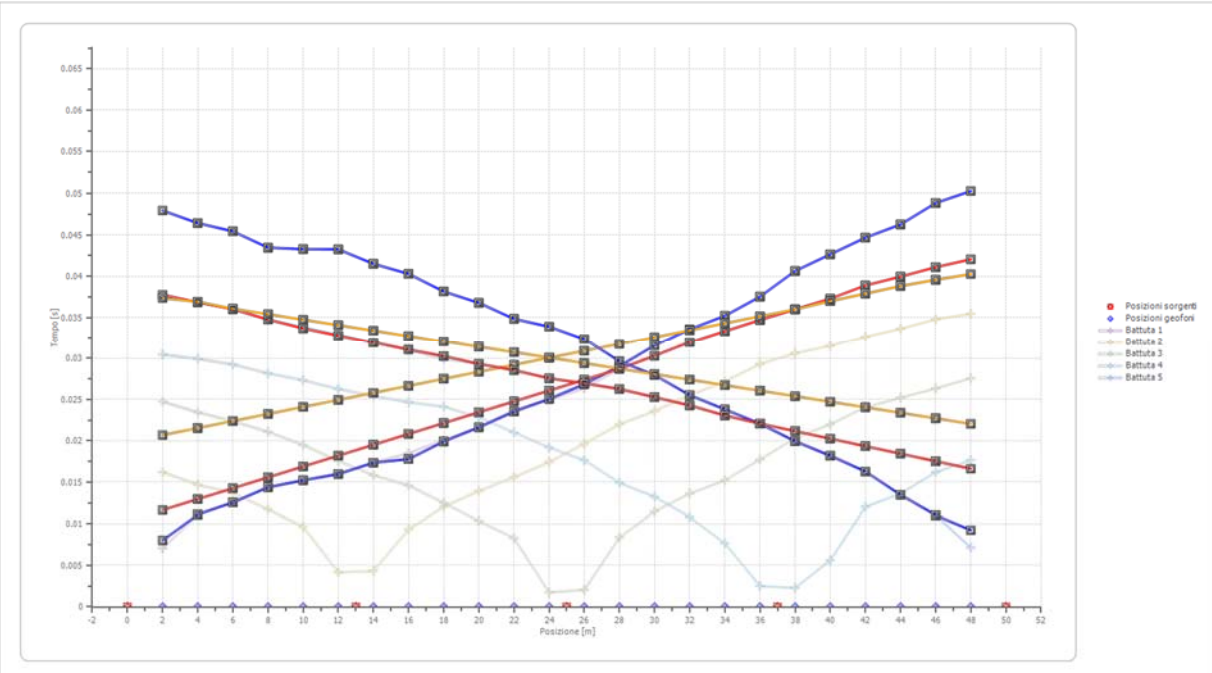


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	37.3668
4.0	36.9102
6.0	36.0731
8.0	34.7032
10.0	33.8661
12.0	32.8767
14.0	31.9635
16.0	30.9741
18.0	29.9087
20.0	29.2998
22.0	28.5388
24.0	27.5495
26.0	26.9406
28.0	26.2557
30.0	25.2664
32.0	24.2770
34.0	23.0594
36.0	22.0700
38.0	19.9391
40.0	18.1887
42.0	16.2861
44.0	13.4703
46.0	11.0350
48.0	7.1537

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G,.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 2.0 [m]	0.9	3.5	14.8	--
G= 4.0 [m]	1.2	2.9	14.5	--
G= 6.0 [m]	1.3	2.9	14.0	--
G= 8.0 [m]	1.3	3.1	14.2	--
G= 10.0 [m]	1.4	2.9	14.0	--
G= 12.0 [m]	1.5	2.8	13.7	--
G= 14.0 [m]	1.5	3.3	13.8	--
G= 16.0 [m]	1.3	4.1	14.0	--
G= 18.0 [m]	1.3	4.5	13.9	--
G= 20.0 [m]	1.4	4.5	13.7	--
G= 22.0 [m]	1.4	5.0	13.6	--
G= 24.0 [m]	1.5	4.9	13.4	--
G= 26.0 [m]	1.5	5.3	13.0	--
G= 28.0 [m]	1.4	6.0	13.0	--
G= 30.0 [m]	1.6	6.0	12.5	--
G= 32.0 [m]	1.5	6.7	12.4	--
G= 34.0 [m]	1.5	6.9	12.6	--
G= 36.0 [m]	1.6	6.8	12.3	--
G= 38.0 [m]	1.8	6.6	11.9	--
G= 40.0 [m]	1.9	6.7	12.0	--
G= 42.0 [m]	1.9	7.2	11.8	--
G= 44.0 [m]	1.6	8.0	12.4	--
G= 46.0 [m]	1.7	8.1	12.3	--
G= 48.0 [m]	1.6	8.3	12.4	--
Velocità [m/sec]	369.7	1137.4	1769.8	2621.2

Altri parametri geotecnici

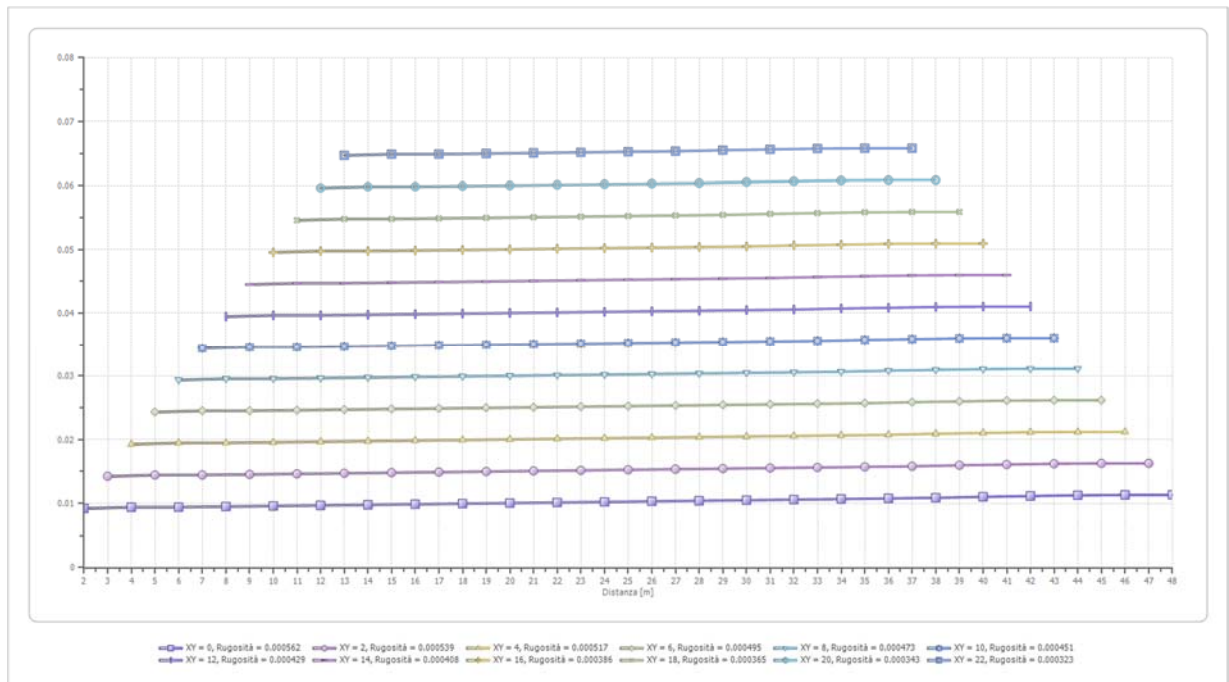
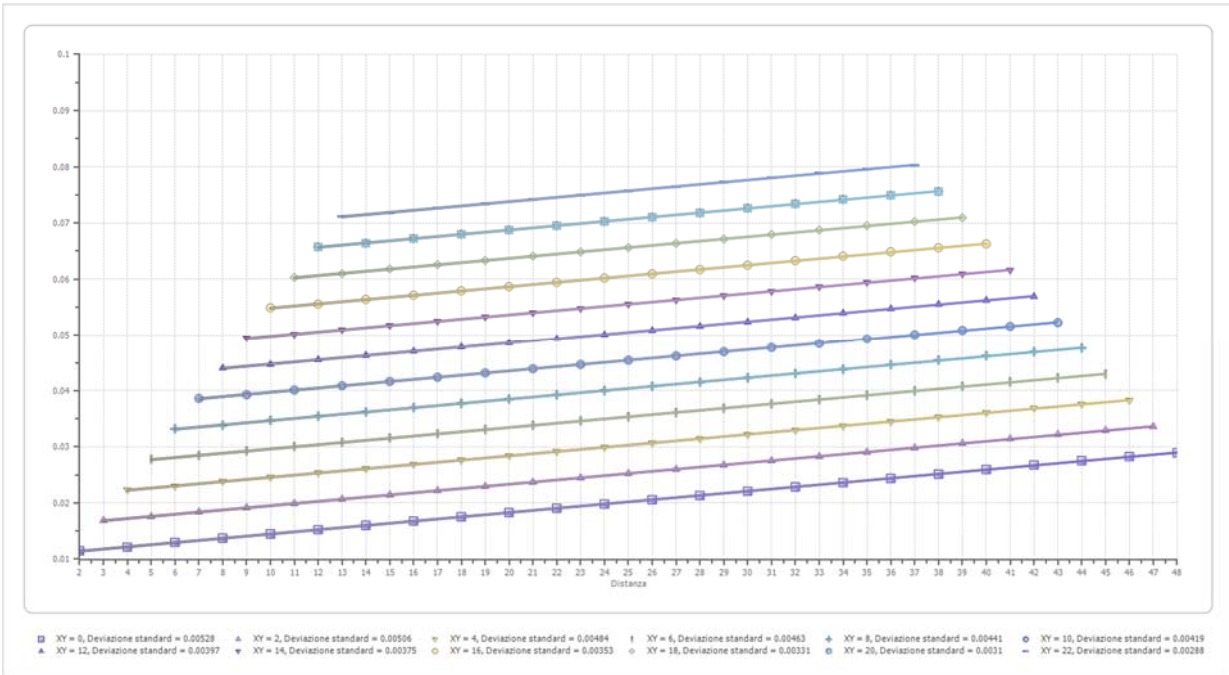
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	369.73	1137.43	1769.75	2621.23
Vs [m/s]	177.61	546.40	850.16	1259.20
G0 [MPa]	56.78	537.40	1301.00	2854.05
Ed [Mpa]	246.06	2328.73	5637.66	12367.54
M0 [MPa]	189.28	1791.33	4336.66	9513.49
Ey [Mpa]	153.32	1450.98	3512.69	7705.93

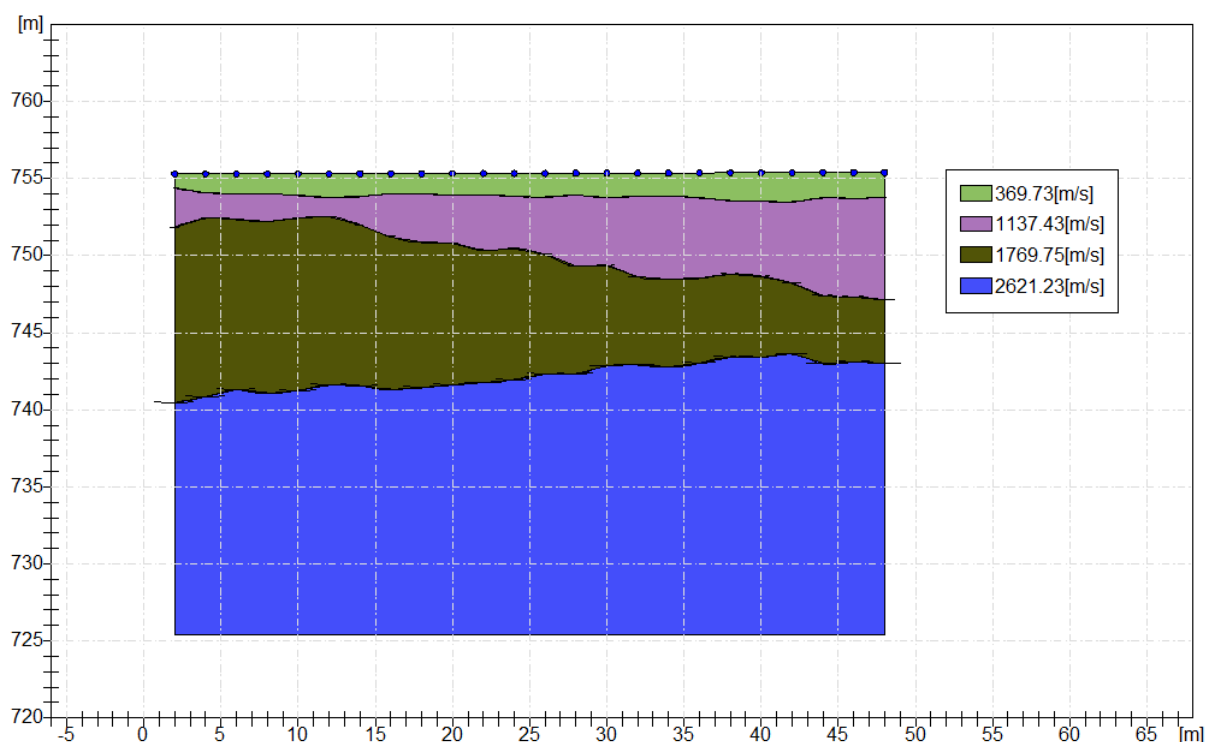
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;





INDAGINE SISMICA M.A.S.W. – “A”

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, è stata tracciata una curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda x v$$

In seguito i parametri del modello geotecnico preliminare si sono apportate le modifiche necessarie al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase definita come processo di inversione consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differente.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

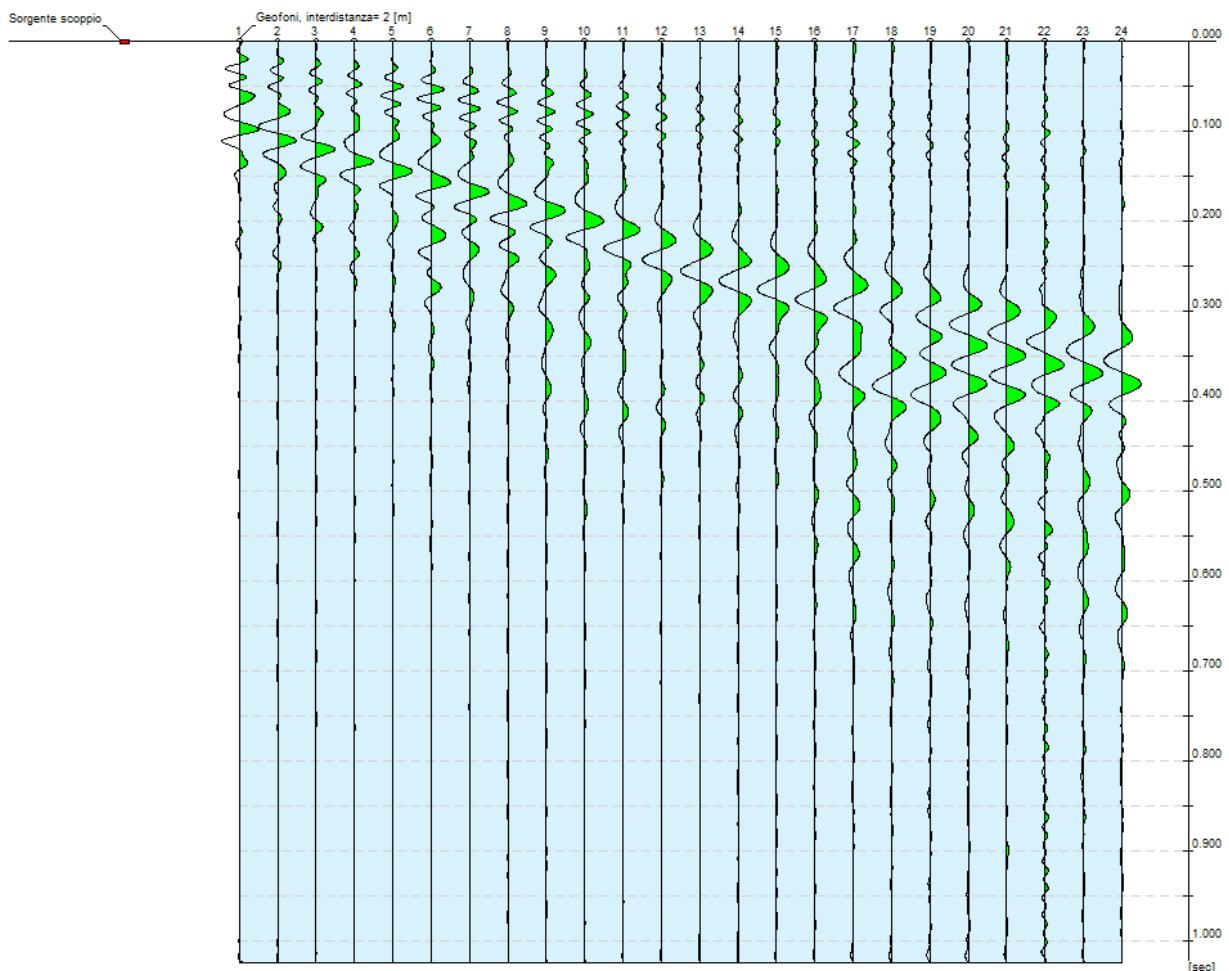
Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 1024 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS, per la quale si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata mediante mazza battente da Kg. 10 in posizione di sparo estremo SINISTRO rispetto alla base sismica, con uno stendimento avente un interasse geofonico pari a 2,0 ml.

N. tracce	24
Durata acquisizione [ms]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [ms]	0.50

ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE



ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
---------------------------------------	---

Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

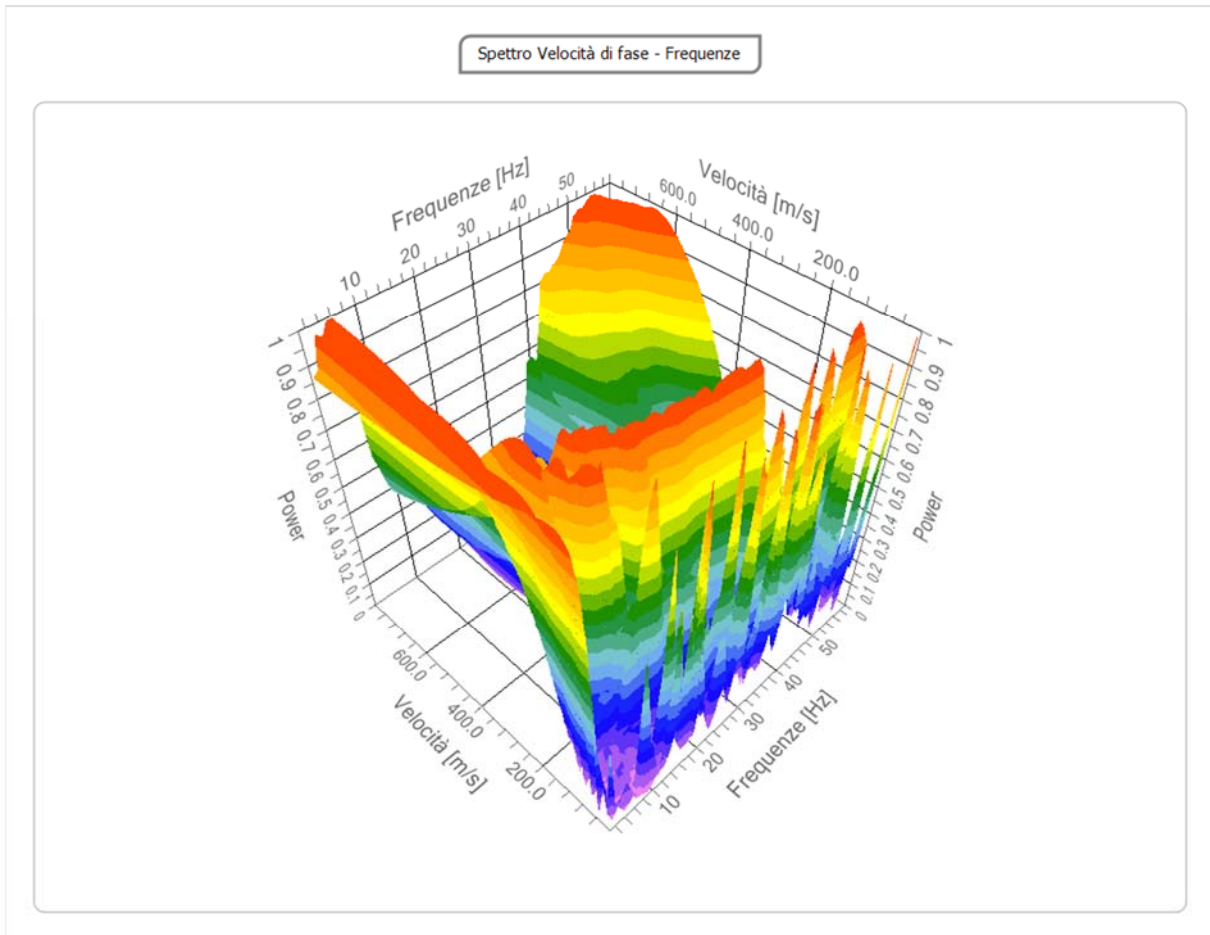
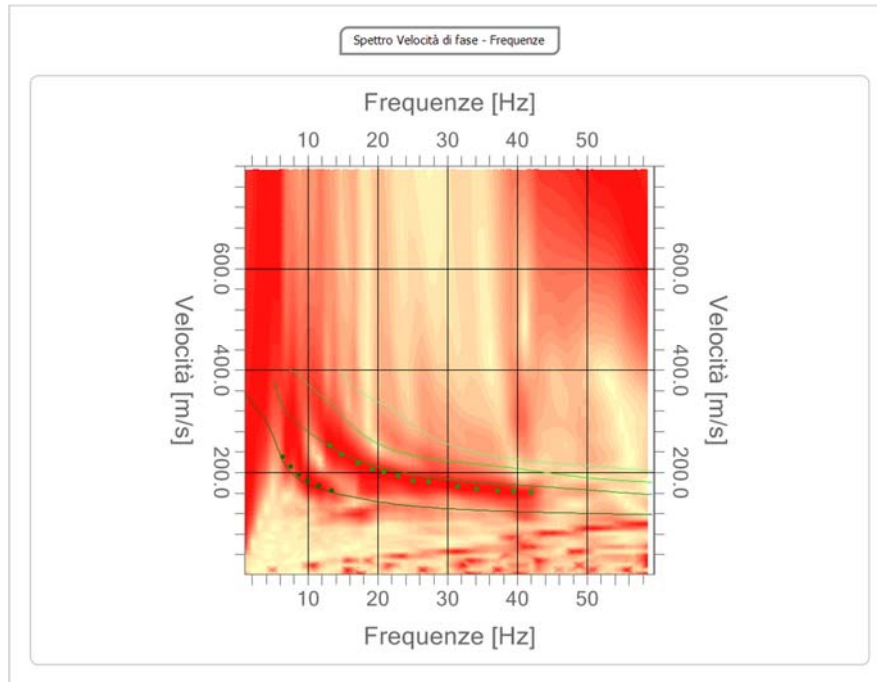


TABELLA RIPIANTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE

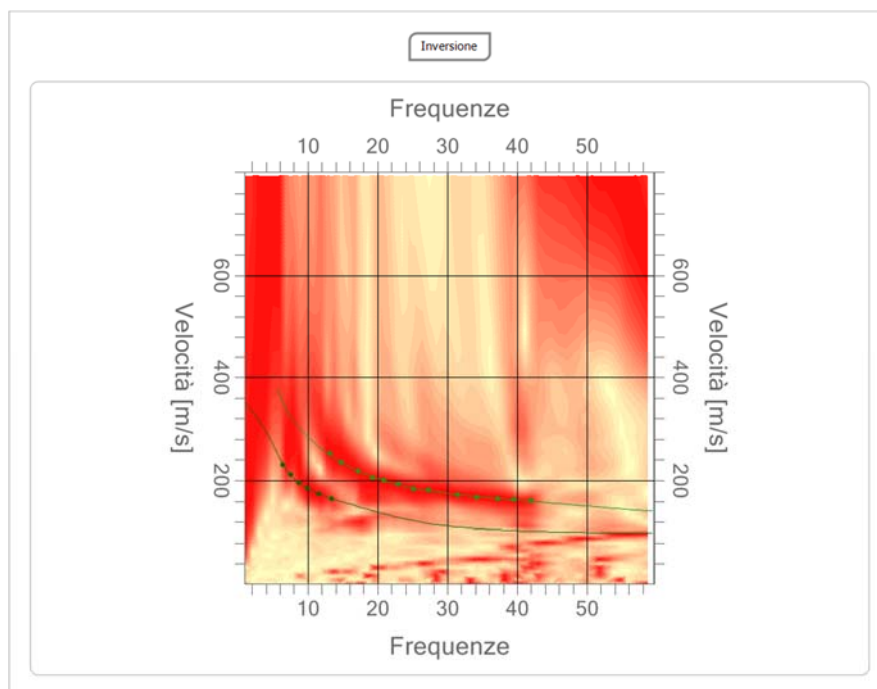
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.4	229.8	0
2	7.6	211.8	0
3	8.7	195.4	0
4	10.0	185.6	0
5	11.6	174.2	0
6	13.1	252.6	1
7	13.4	164.4	0
8	14.8	234.7	1
9	17.2	218.3	1
10	19.3	205.2	1
11	20.9	200.3	1
12	23.0	192.2	1
13	25.1	184.0	1
14	27.3	182.4	1
15	31.5	172.6	1
16	34.3	167.7	1
17	37.1	164.4	1
18	39.5	162.8	1
19	42.1	161.1	1

ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE

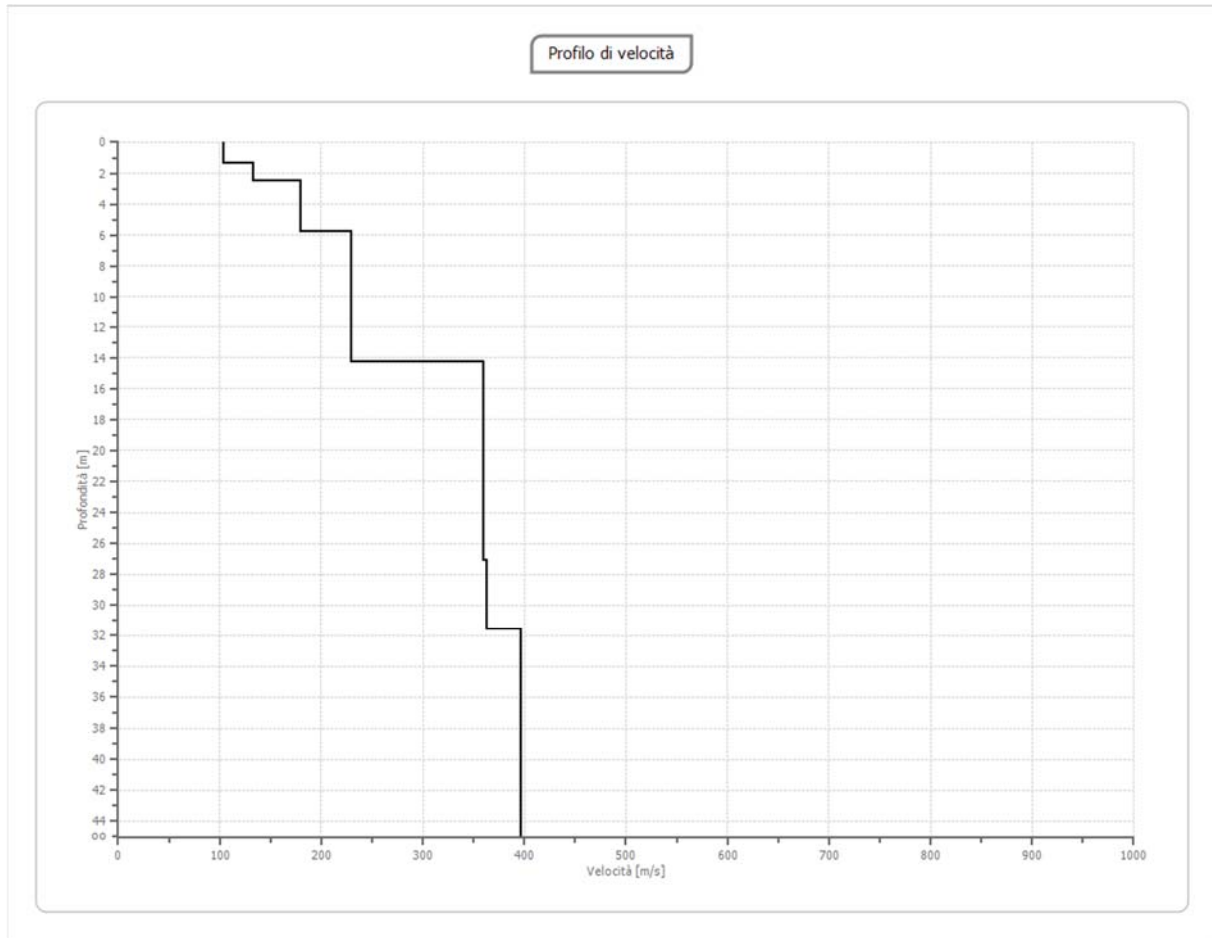


ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

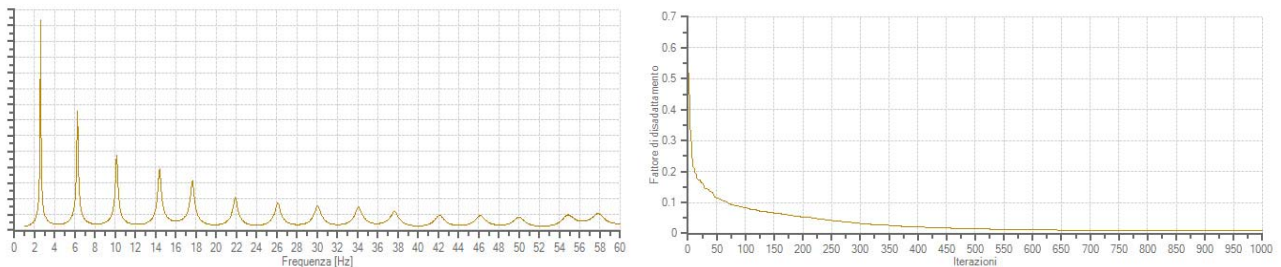
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.35	1.35	1850.0	0.4	No	215.4	103.5
2	2.46	1.11	1860.0	0.4	No	324.7	132.6
3	5.77	3.31	1930.0	0.3	No	336.1	179.6
4	14.24	8.47	1950.0	0.3	No	428.2	228.9
5	27.12	12.87	1960.0	0.3	No	673.2	359.8
6	31.56	4.44	1970.0	0.3	No	678.3	362.6
7	oo	oo	1980.0	0.3	No	742.2	396.7



ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO



Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a 0,007%, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a 0,008.

TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'

G0: Modulo di deformazione al taglio (*);

Ed: Modulo edometrico (*);

M0: Modulo di compressibilità volumetrica (*);

Ey: Modulo di Young (*);

*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).

N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm ³]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.35	1.35	103.49	215.43	1800.00	0.35	19.28	83.54	57.84	52.05	17.00	27.75
2	2.46	1.11	132.57	324.73	1810.00	0.40	31.81	190.86	148.45	89.07	22.00	96.31
3	5.77	3.31	179.64	336.08	1880.00	0.30	60.67	212.35	131.46	157.75	55.00	443.44
4	14.24	8.47	228.90	428.24	1900.00	0.30	99.55	348.44	215.70	258.84	82.00	1498.58
5	27.12	12.87	359.82	673.16	1910.00	0.30	247.29	865.51	535.79	642.95	N/A	N/A
6	31.56	4.44	362.58	678.32	1920.00	0.30	252.41	883.42	546.88	656.25	N/A	N/A
7	∞	∞	396.72	742.20	1930.00	0.30	303.76	1063.16	658.15	789.78	0.00	N/A

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità di circa 31,56 ml. dal piano campagna.

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) ottenuto mediante l'indagine M.A.S.W. è risultato, a partire dal p.d.c. attuale pari a **248,79 m/s**, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra **248,77** e **248,80 m/s** come evidenziato nella tabella di seguito allegata:

Velocità onde V_s da elaborazione MASW				
Strato	Base strato [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.35	1.35	103	0.013045
2	2.46	1.11	133	0.008373
3	5.77	3.31	180	0.018426
4	14.24	8.47	229	0.037003
5	27.12	12.88	360	0.035796
6	31.56	2.88	362.58	0.007943

$V_{s,30}$ calcolato	248.79	[m/s]
Errore strumentale	0.007	[%]
$V_{s,30}$ - Max	248.80	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	248.77	[m/s]

In base al valore di V_{s30} , considerato anche l'errore dell'elaborazione, il suolo di fondazione dell'area in esame può essere considerato di tipo 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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE - “B”

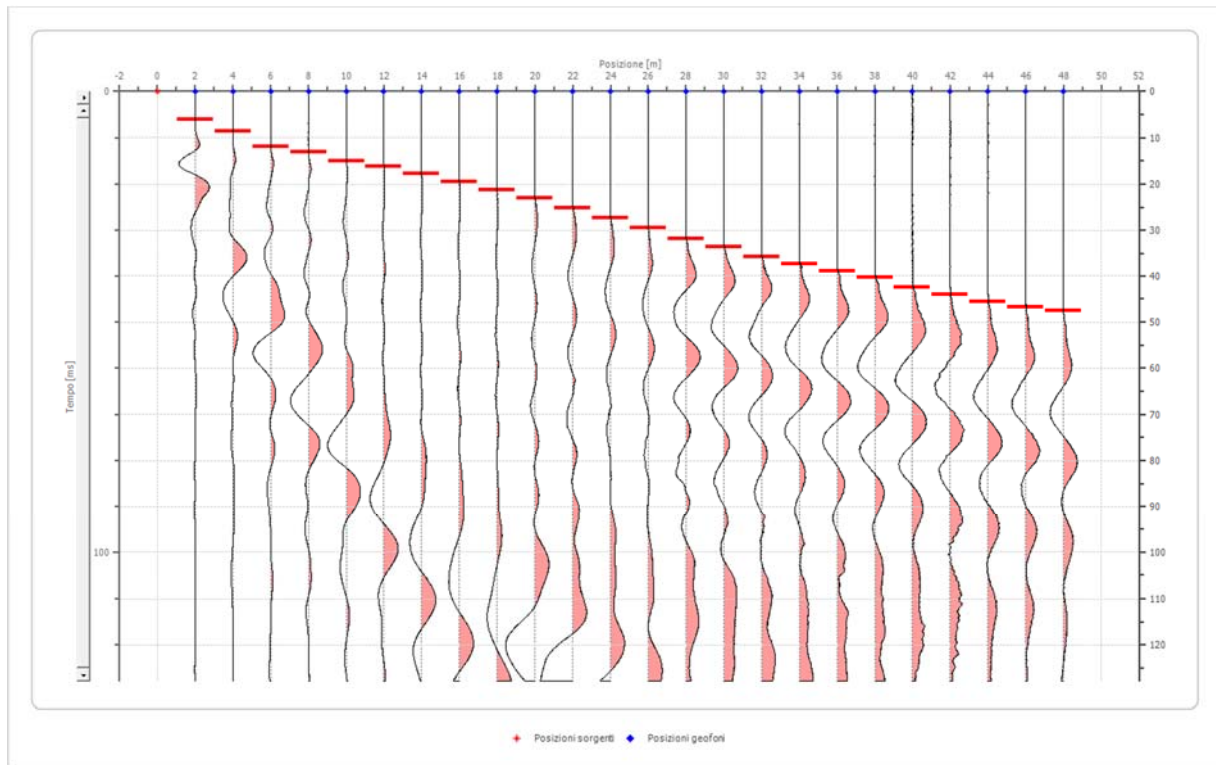
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	750.0
2	4.0	750.2
3	6.0	750.4
4	8.0	750.6
5	10.0	750.8
6	12.0	751.1
7	14.0	751.3
8	16.0	751.5
9	18.0	751.7
10	20.0	751.9
11	22.0	752.1
12	24.0	752.3
13	26.0	752.5
14	28.0	752.8
15	30.0	753.0
16	32.0	753.2
17	34.0	753.4
18	36.0	753.6
19	38.0	753.8
20	40.0	754.0
21	42.0	754.3
22	44.0	754.5
23	46.0	754.7
24	48.0	754.9

Battuta 1

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

0 [m]
751 [m]

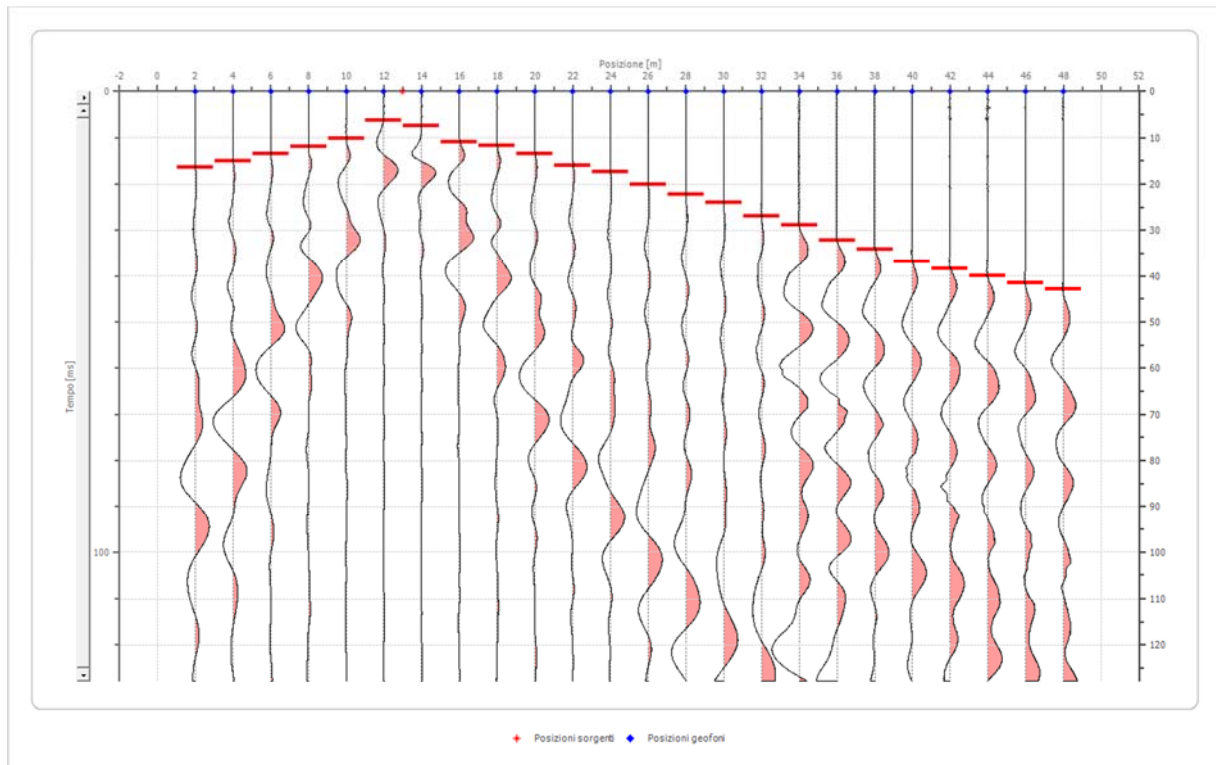


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	6.0350
4.0	8.6073
6.0	11.9711
8.0	13.0594
10.0	15.0381
12.0	16.2253
14.0	17.8082
16.0	19.3912
18.0	21.1720
20.0	22.9528
22.0	25.1294
24.0	27.3059
26.0	29.4825
28.0	31.7580
30.0	33.5388
32.0	35.6164
34.0	37.4962
36.0	38.8813
38.0	40.3653
40.0	42.5419
42.0	44.1248
44.0	45.5099
46.0	46.7960
48.0	47.5875

Battuta 2

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

13 [m]
752 [m]

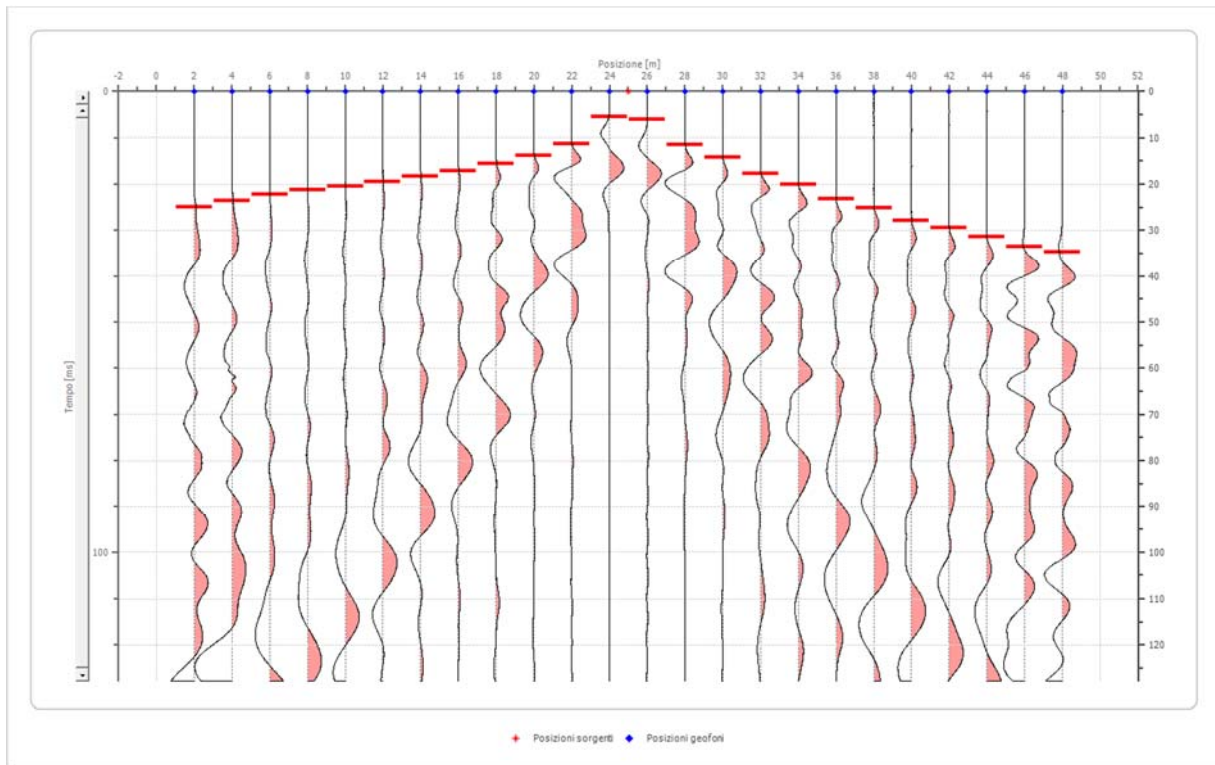


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	16.3242
4.0	14.9391
6.0	13.3562
8.0	11.8721
10.0	10.0913
12.0	6.3318
14.0	7.4201
16.0	10.8828
18.0	11.6743
20.0	13.3562
22.0	15.9285
24.0	17.4125
26.0	20.0837
28.0	22.2603
30.0	24.0411
32.0	26.9102
34.0	28.8889
36.0	32.0548
38.0	34.0335
40.0	36.8037
42.0	38.2877
44.0	39.9696
46.0	41.4536
48.0	42.9376

Battuta 3

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

25 [m]
754 [m]

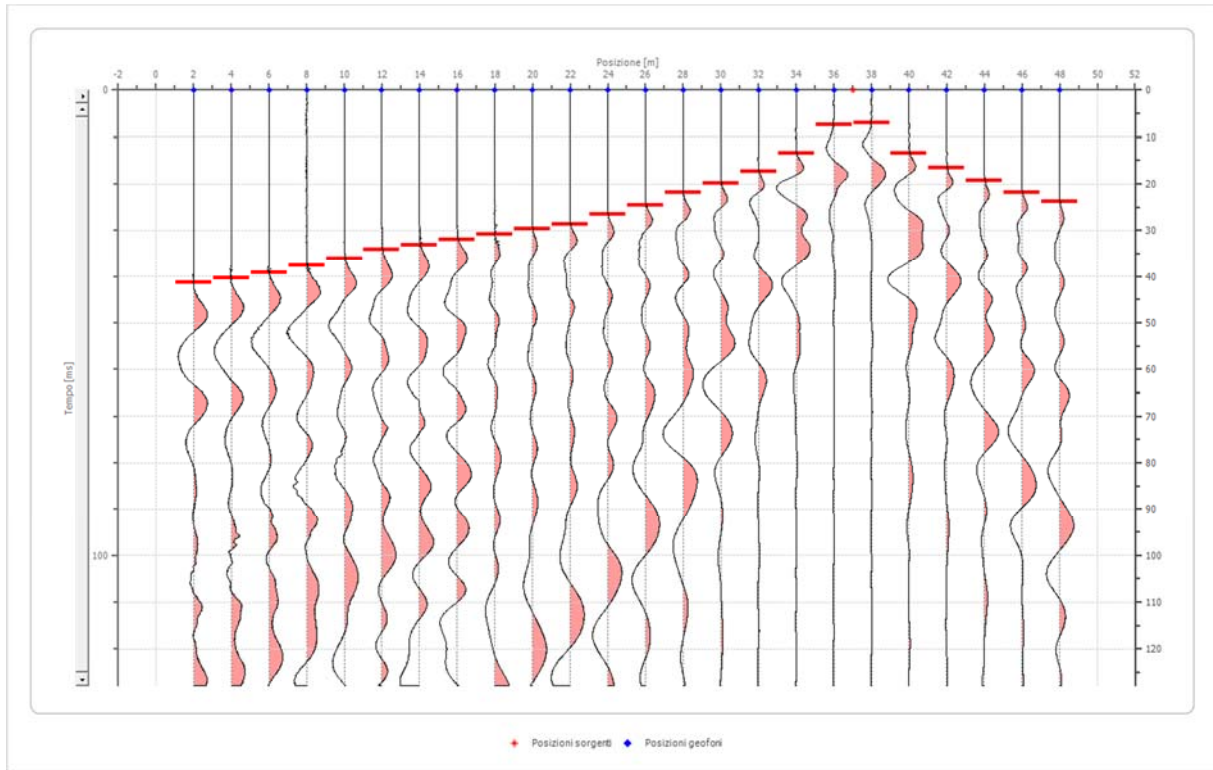


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	25.0304
4.0	23.6454
6.0	22.2603
8.0	21.2709
10.0	20.3805
12.0	19.3912
14.0	18.4018
16.0	17.2146
18.0	15.5327
20.0	13.7519
22.0	11.3775
24.0	5.4414
26.0	6.0350
28.0	11.4764
30.0	14.2466
32.0	17.8082
34.0	20.0837
36.0	23.1507
38.0	25.2283
40.0	27.8995
42.0	29.3836
44.0	31.4612
46.0	33.4399
48.0	34.7260

Battuta 4

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

37 [m]
755 [m]

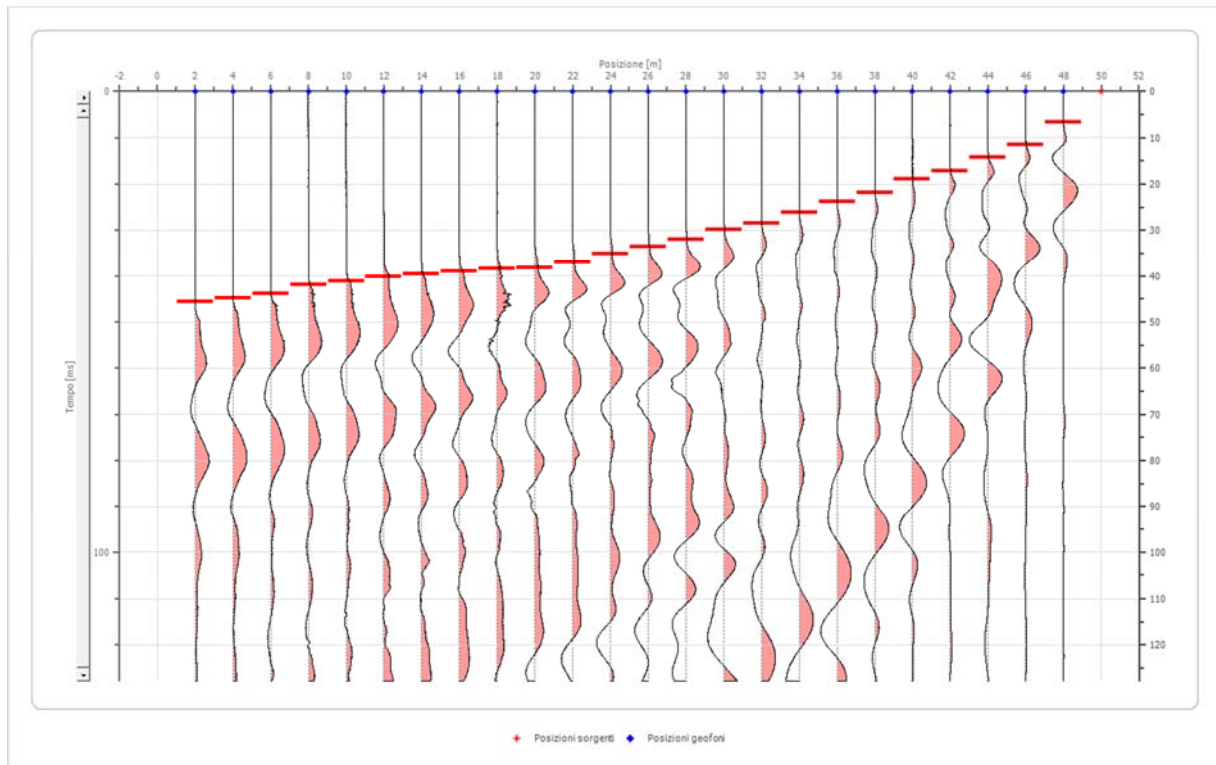


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	41.3546
4.0	40.3653
6.0	39.1781
8.0	37.6941
10.0	36.0122
12.0	34.0335
14.0	33.0441
16.0	31.8569
18.0	30.7686
20.0	29.5814
22.0	28.5921
24.0	26.5145
26.0	24.5358
28.0	21.7656
30.0	19.7869
32.0	17.4125
34.0	13.3562
36.0	7.3212
38.0	6.9254
40.0	13.4551
42.0	16.6210
44.0	19.1933
46.0	21.7656
48.0	23.7443

Battuta 5

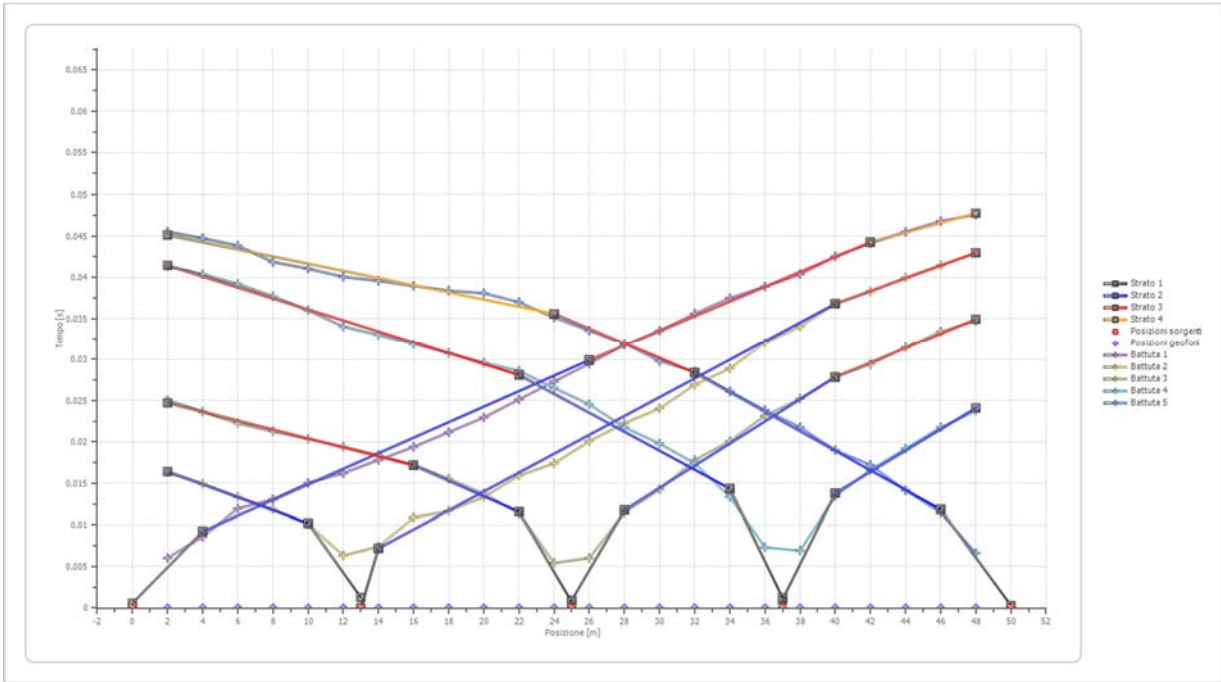
Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

50 [m]
756 [m]

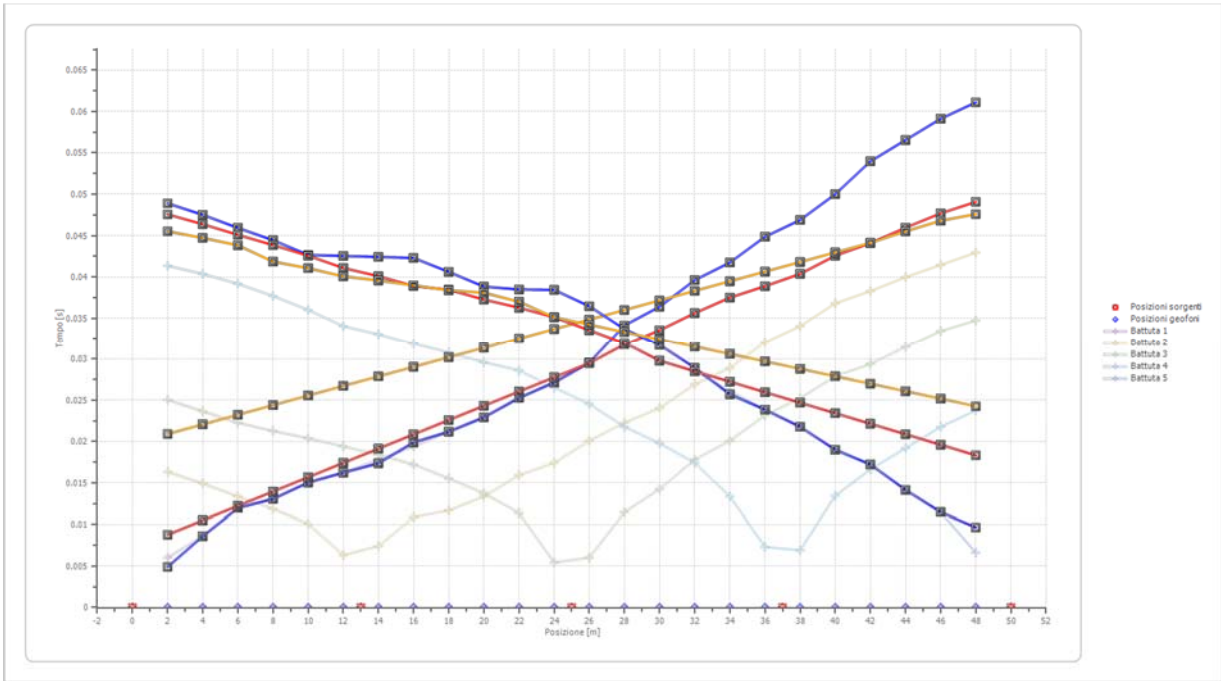


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	45.5099
4.0	44.7184
6.0	43.8280
8.0	41.8493
10.0	41.0578
12.0	40.0685
14.0	39.5738
16.0	38.9802
18.0	38.3866
20.0	38.0898
22.0	37.0015
24.0	35.1218
26.0	33.5388
28.0	31.9559
30.0	29.7793
32.0	28.4931
34.0	26.1187
36.0	23.8432
38.0	21.7656
40.0	18.9954
42.0	17.2146
44.0	14.1476
46.0	11.4764
48.0	6.6286

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G,.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 2.0 [m]	0.0	4.7	14.3	--
G= 4.0 [m]	0.0	5.1	14.4	--
G= 6.0 [m]	0.1	5.2	14.3	--
G= 8.0 [m]	0.0	5.8	13.5	--
G= 10.0 [m]	0.0	6.0	13.6	--
G= 12.0 [m]	0.2	5.5	13.3	--
G= 14.0 [m]	0.3	5.5	13.2	--
G= 16.0 [m]	0.7	4.4	12.7	--
G= 18.0 [m]	0.6	5.6	12.8	--
G= 20.0 [m]	0.6	6.0	13.3	--
G= 22.0 [m]	0.9	5.3	12.4	--
G= 24.0 [m]	1.2	4.7	10.9	--
G= 26.0 [m]	1.3	4.5	10.9	--
G= 28.0 [m]	1.5	3.9	10.2	--
G= 30.0 [m]	1.6	3.5	10.5	--
G= 32.0 [m]	1.6	3.8	10.3	--
G= 34.0 [m]	1.5	4.9	10.6	--
G= 36.0 [m]	1.7	4.2	10.4	--
G= 38.0 [m]	1.7	4.4	10.5	--
G= 40.0 [m]	1.7	4.9	10.2	--
G= 42.0 [m]	2.0	3.7	9.6	--
G= 44.0 [m]	2.0	4.5	9.9	--
G= 46.0 [m]	1.9	4.9	10.1	--
G= 48.0 [m]	2.0	4.9	9.9	--
Velocità [m/sec]	284.7	980.6	1308.1	1921.1

Altri parametri geotecnici

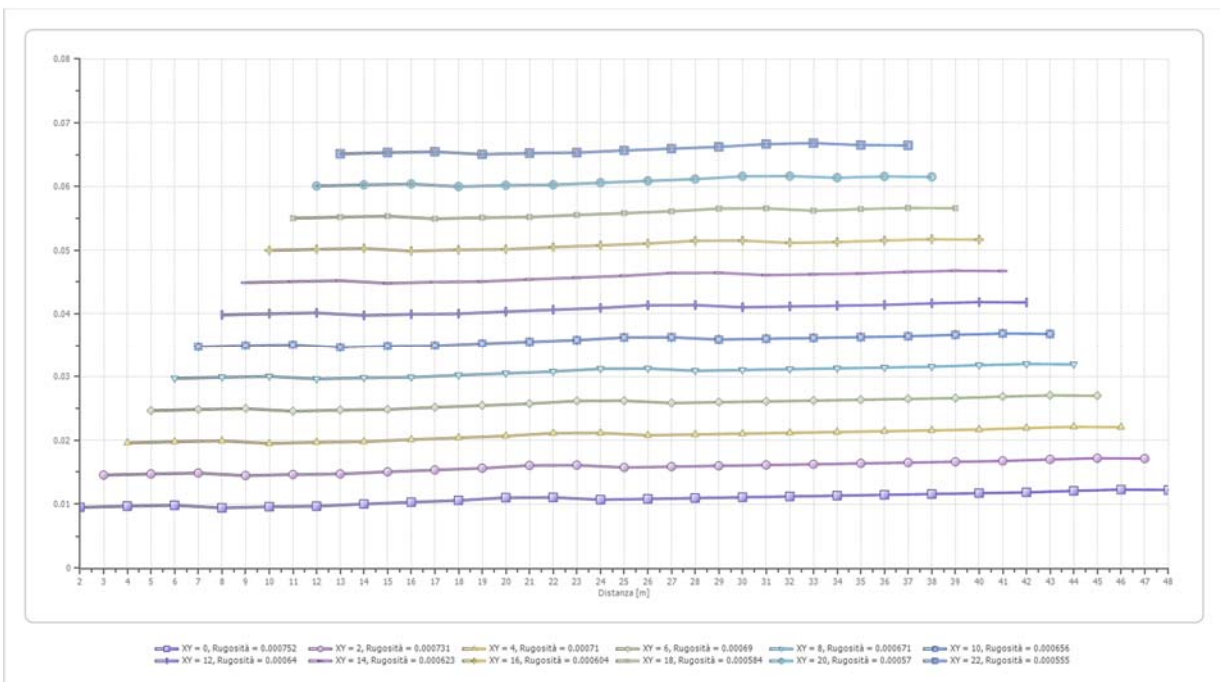
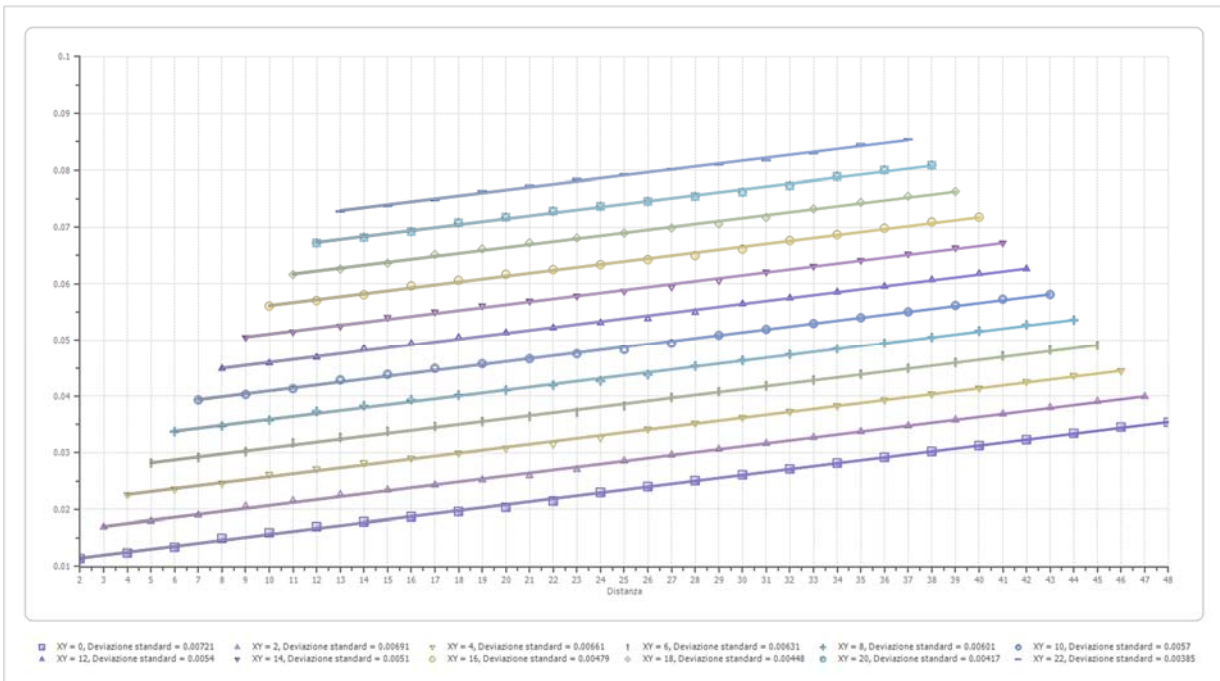
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	284.69	980.65	1308.12	1921.15
Vs [m/s]	136.76	471.09	628.40	922.89
G0 [MPa]	33.67	399.46	710.80	1533.11
Ed [Mpa]	145.89	1731.01	3080.13	6643.46
M0 [MPa]	112.22	1331.55	2369.33	5110.36
Ey [Mpa]	90.90	1078.55	1919.16	4139.39

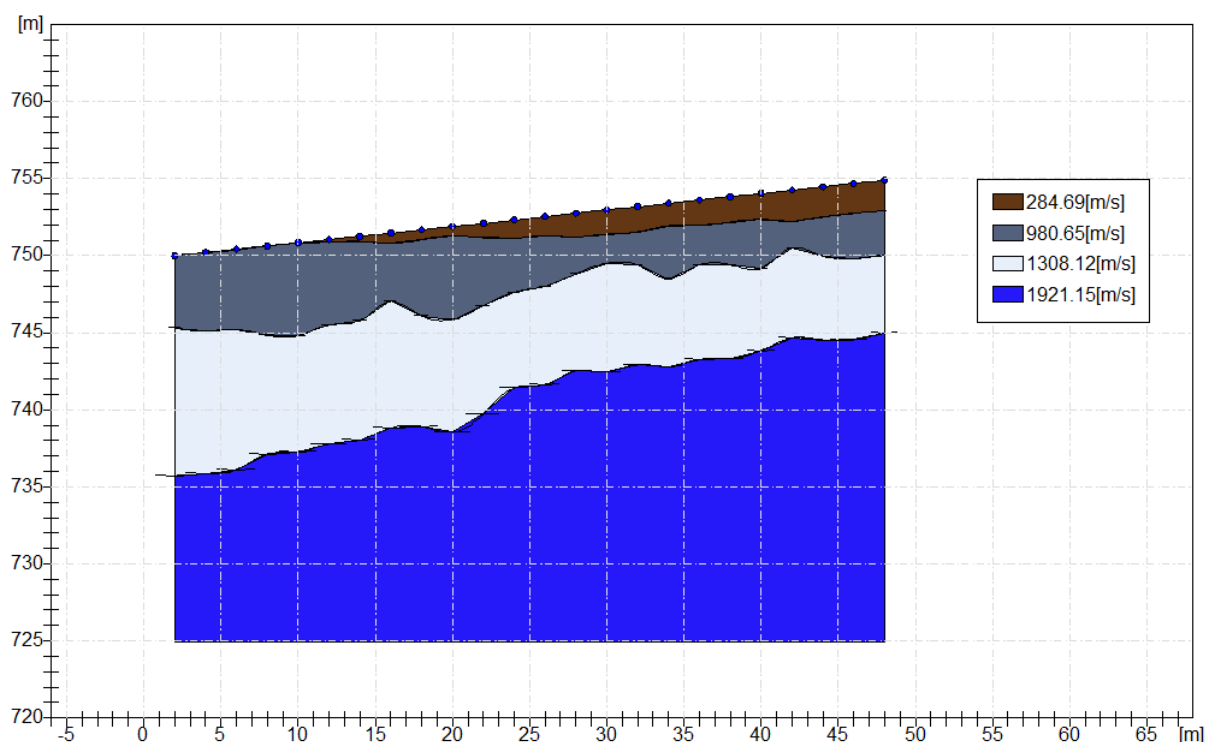
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;





INDAGINE SISMICA M.A.S.W. – “B”

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, è stata tracciata una curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda x v$$

In seguito i parametri del modello geotecnico preliminare si sono apportate le modifiche necessarie al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase definita come processo di inversione consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differente.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

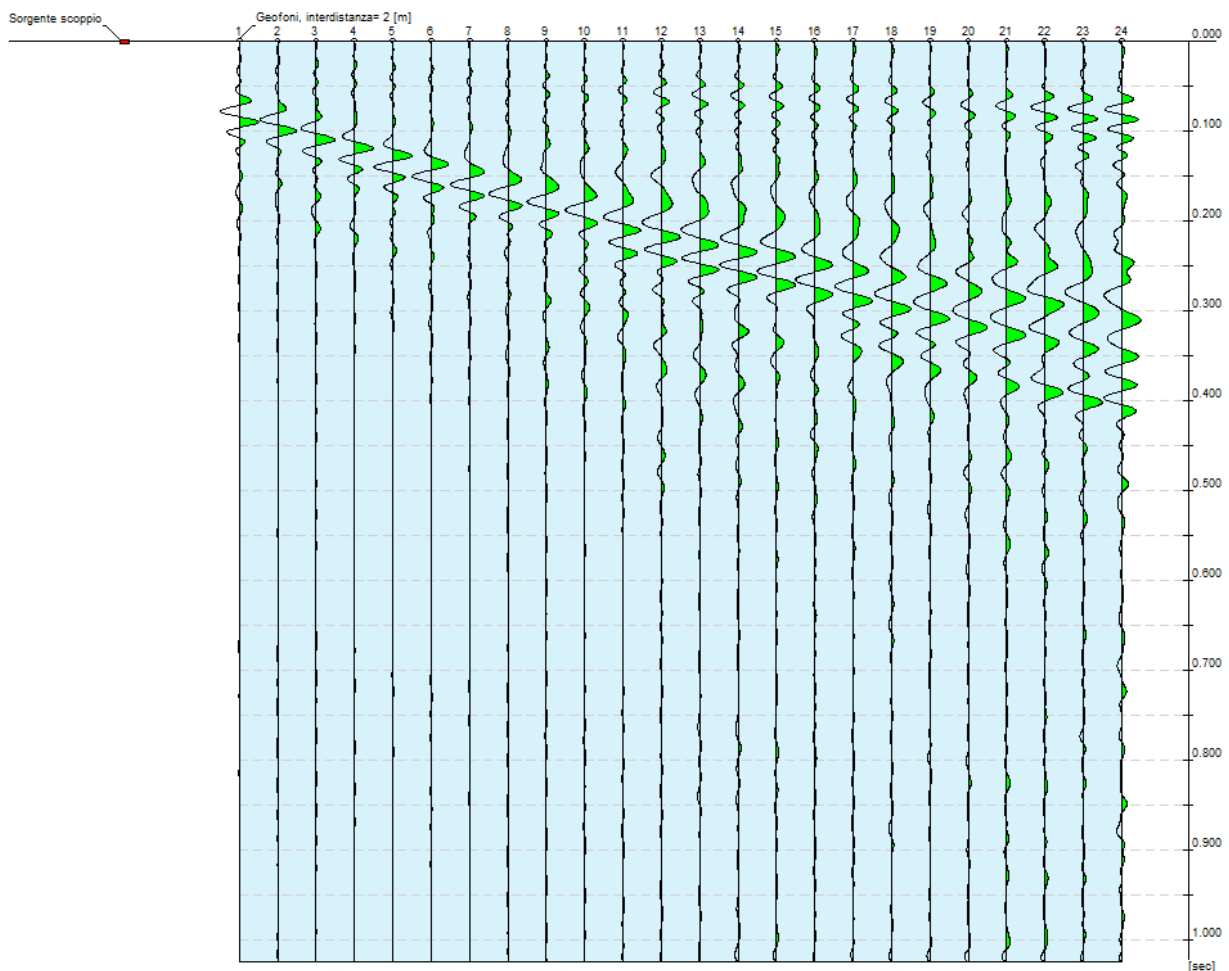
Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 1024 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS, per la quale si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata mediante mazza battente da Kg. 10 in posizione di sparo estremo SINISTRO rispetto alla base sismica, con uno stendimento avente un interasse geofonico pari a 2,0 ml.

N. tracce	24
Durata acquisizione [ms]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [ms]	0.50

ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE



ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
---------------------------------------	---

Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

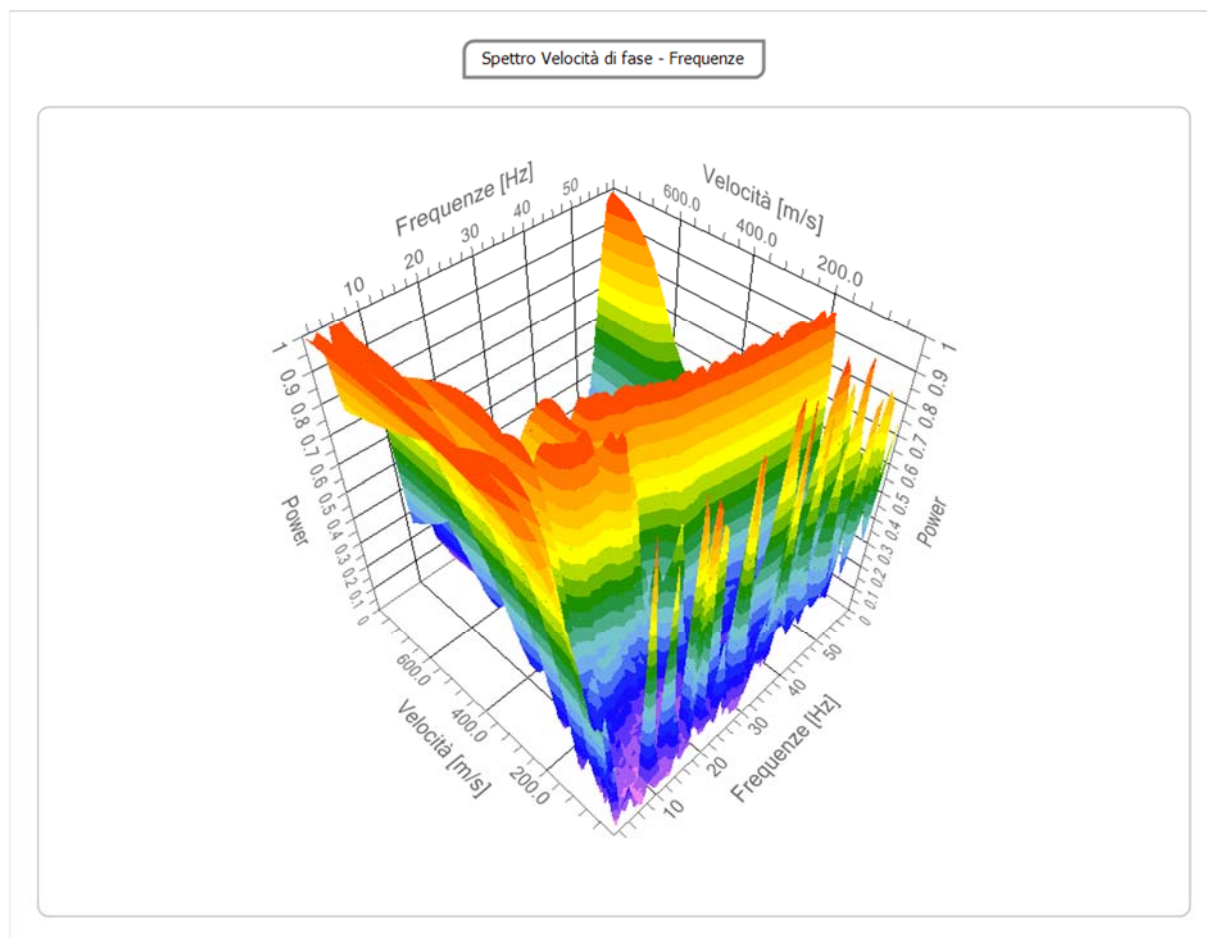
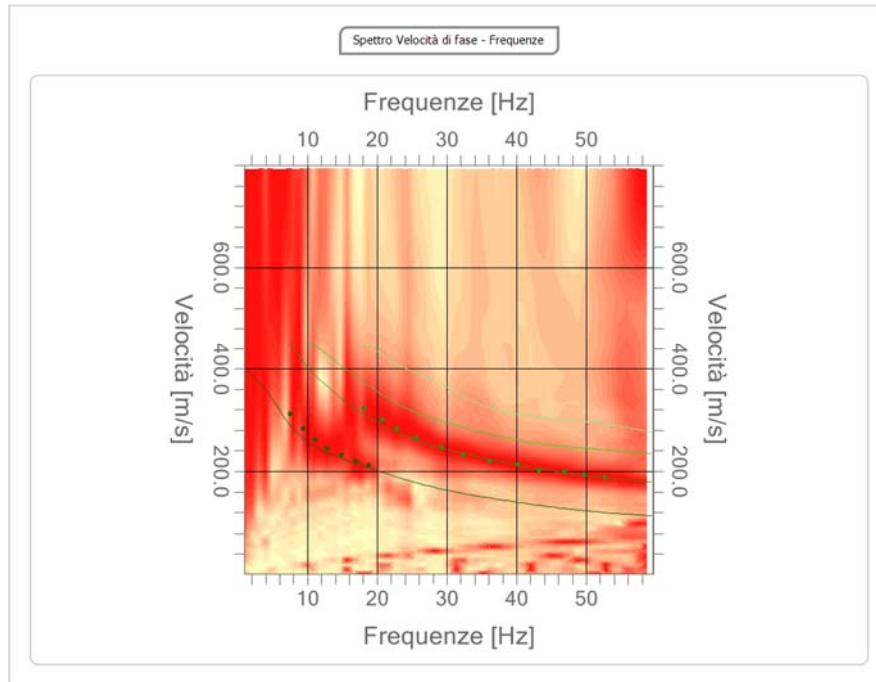


TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE

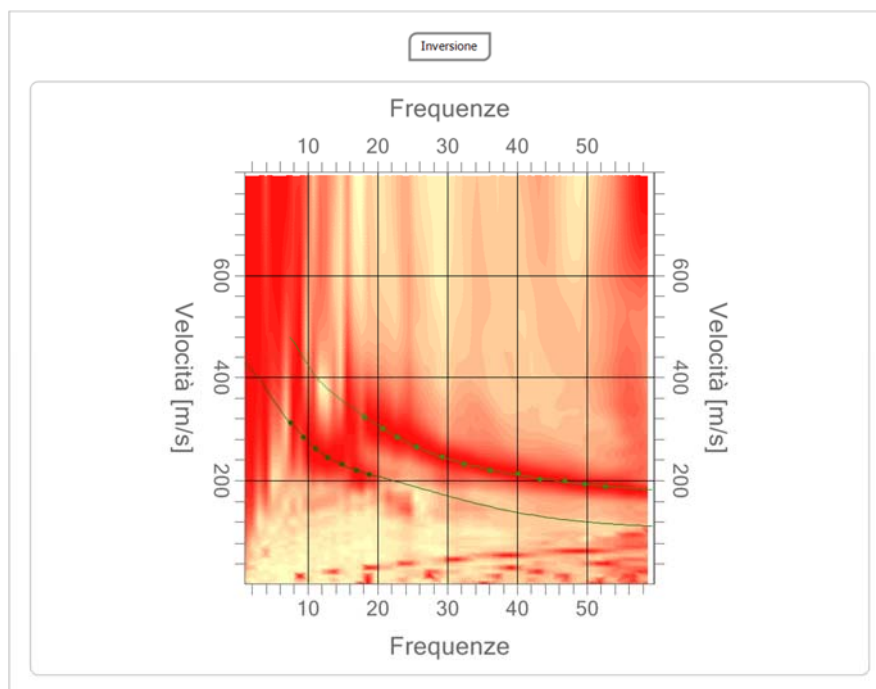
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.6	311.4	0
2	9.4	283.7	0
3	11.1	262.4	0
4	12.9	244.5	0
5	14.9	231.4	0
6	17.0	219.9	0
7	18.2	322.9	1
8	18.8	211.8	0
9	20.8	301.6	1
10	22.9	283.7	1
11	25.6	265.7	1
12	29.2	246.1	1
13	32.3	231.4	1
14	36.2	219.9	1
15	40.1	213.4	1
16	43.3	202.0	1
17	46.9	198.7	1
18	49.7	192.2	1
19	52.7	188.9	1

ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE

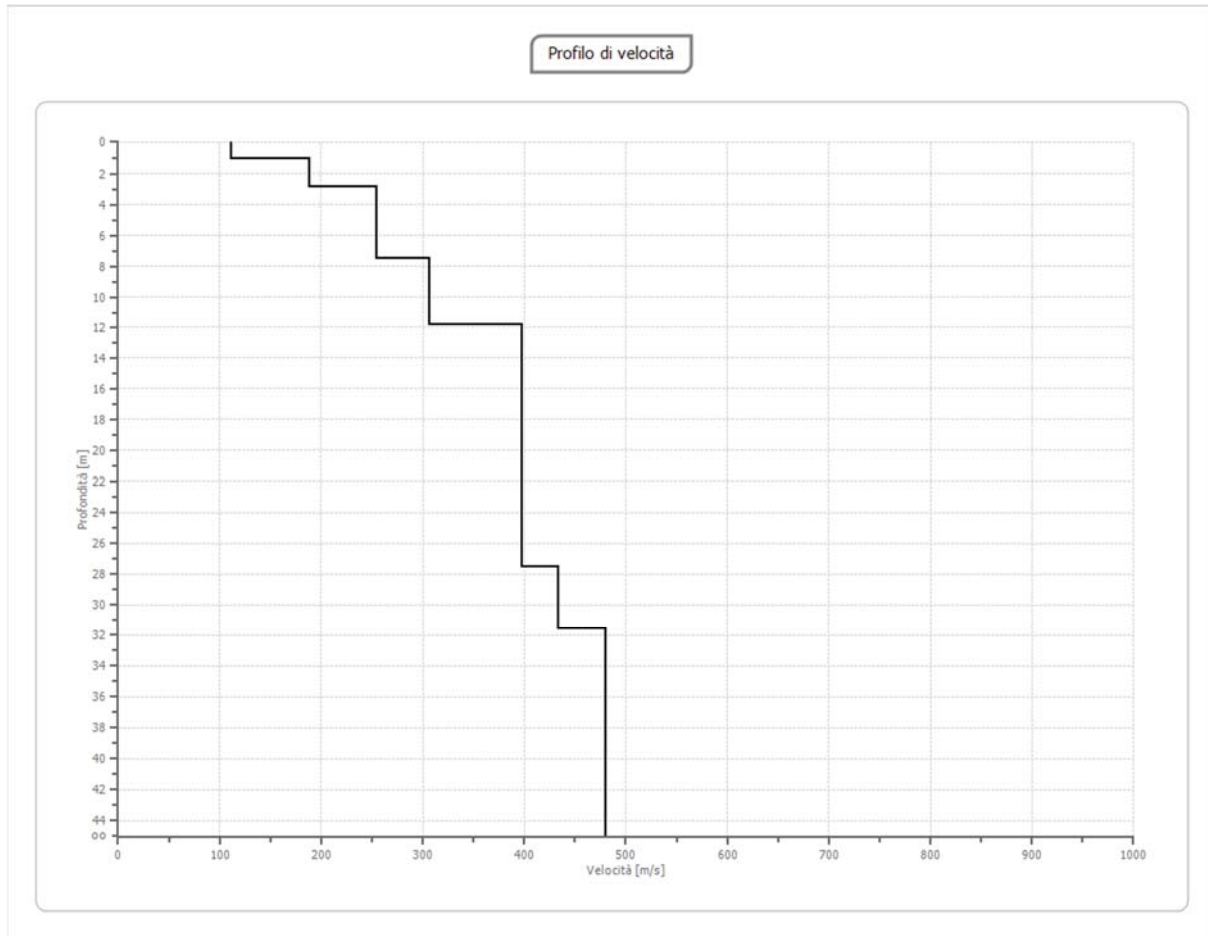


ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

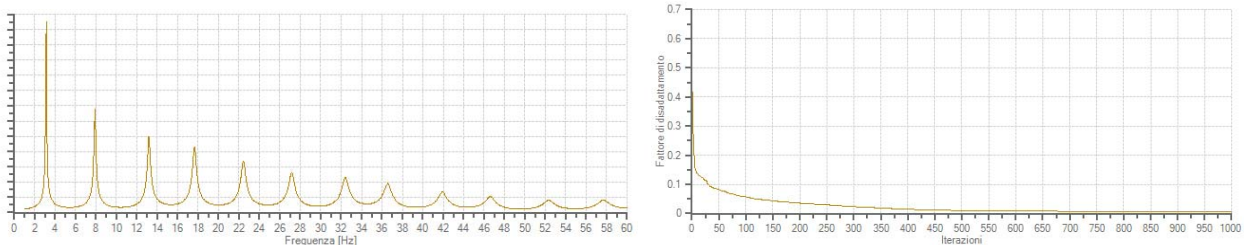
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.09	1.09	1850.0	0.4	No	230.4	110.7
2	2.84	1.74	1860.0	0.4	No	462.1	188.6
3	7.49	4.65	1930.0	0.3	No	475.5	254.2
4	11.81	4.33	1950.0	0.3	No	572.7	306.1
5	27.54	15.72	1960.0	0.3	No	742.9	397.1
6	31.61	4.07	1970.0	0.3	No	810.7	433.4
7	oo	oo	1980.0	0.3	No	897.6	479.8



ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO



Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a 0,002%, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a 0,005.

TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'

G0: Modulo di deformazione al taglio (*);

Ed: Modulo edometrico (*);

M0: Modulo di compressibilità volumetrica (*);

Ey: Modulo di Young (*);

*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).

N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm ³]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.09	1.09	110.69	230.41	1800.00	0.35	22.05	95.56	66.16	59.54	32.00	38.90
2	2.84	1.74	188.65	462.09	1810.00	0.40	64.41	386.48	300.59	180.36	N/A	566.93
3	7.49	4.65	254.18	475.52	1880.00	0.30	121.46	425.10	263.16	315.79	N/A	2536.45
4	11.81	4.33	306.10	572.67	1900.00	0.30	178.03	623.11	385.73	462.88	N/A	N/A
5	27.54	15.72	397.11	742.93	1910.00	0.30	301.20	1054.20	652.60	783.12	N/A	N/A
6	31.61	4.07	433.36	810.73	1920.00	0.30	360.57	1262.00	781.24	937.48	N/A	N/A
7	∞	∞	479.80	897.61	1930.00	0.30	444.29	1555.02	962.63	1155.16	0.00	N/A

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità di circa 31,61 m. dal piano campagna.

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) ottenuto mediante l'indagine M.A.S.W. è risultato, a partire dal p.d.c. attuale pari a 309.86 m/s, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra 309.85 e 309.86 m/s come evidenziato nella tabella di seguito allegata:

<i>Velocità onde V_s da elaborazione MASW</i>				
Strato	Base strato [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.09	1.09	111	0.009847
2	2.84	1.75	189	0.009276
3	7.49	4.65	254	0.018294
4	11.81	4.32	306	0.014113
5	27.54	15.73	397	0.039611
6	31.61	2.46	433.36	0.005677

$V_{s,30}$ calcolato	309.86	[m/s]
Errore strumentale	0.002	[%]
$V_{s,30}$ - Max	309.86	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	309.85	[m/s]

In base al valore di V_{s30} , considerato anche l'errore dell'elaborazione, il suolo di fondazione dell'area in esame può essere considerato di tipo 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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*