

COMUNI DI MARANELLO E FIORANO MODENESE

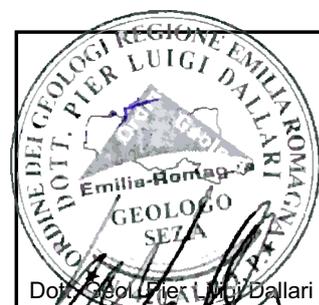
PROVINCIA DI MODENA

RELAZIONE GEOLOGICA inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

Relazione contenente lo studio di "MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO" (ai sensi della DGR 2193/2015 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna, verifica dei fenomeni di liquefazione e dei cedimenti post-sismici.



Relazione geologica e sismica relativa allo studio di Microzonazione Sismica del nuovo piano urbanistico PUA "Comparto Piemme – Torre Oche"



NOVEMBRE 2018
Rif. 674/18



GEO GROUP s.r.l.
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176
E-mail: info@geogroupmodena.it
P.IVA e C.F. 02981500362
www.geogroupmodena.it



AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
= ISO 9001 =

COMUNE DI MARANELLO
COMUNE DI FIORANO MODENESE
PROVINCIA DI MODENA

RELAZIONE GEOLOGICA inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

Relazione contenente lo studio di “MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO” (ai sensi della DGR 2193/2015 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna, verifica dei fenomeni di liquefazione e dei cedimenti post-sismici.

OGGETTO

Relazione geologica e sismica relativa allo studio di Microzonazione Sismica del nuovo piano urbanistico PUA “Comparto Piemme – Torre Oche”

Rif. n. 674/18

LOCALITÀ

Via Nirano, località Torre delle Oche
Comune di Maranello (MO)
Provincia di Modena

RICHIEDENTE

INDUSTRIE CERAMICHE PIEMME SPA



GEO GROUP Srl

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362
e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it



INDICE DEL CONTENUTO

1. PREMESSE	3
1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
2.1 ELEMENTI GEOLOGICI GENERALI	5
2.2 INQUADRAMENTO DEL SITO RISPETTO AGLI STUDI URBANISTICI VIGENTI.....	6
2.2.1 Comune di Maranello - Studio Microzonazione sismica.....	6
2.2.1 Comune di Fiorano Modenese - Studio Microzonazione sismica.....	8
3. CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	10
3.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	10
3.2 METODOLOGIE DI INDAGINE.....	11
3.2.1 Prove penetrometriche CPT e DPSH.....	11
3.2.2 Indagine sismica secondo dispersione attiva di onde di superficie di tipo Rayleigh (Metodologia MASW).....	11
3.2.3 Indagine sismica passiva mediante registrazione di microtremori naturali (Metodologia REMI).....	11
3.2.4 Acquisizione di rumore sismico naturale disperse mediante stazione veloci metrica triassiale (Metodologia HVSR) ..	12
4. STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA (DGR 2193/15 REGIONE EMILIA ROMAGNA)	14
4.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	14
4.1.1 Modello geologico di riferimento.....	14
4.1.2 Frequenze naturali di sito.....	15
4.1.4 Modello idrogeologico di riferimento.....	15
4.1.5 Modello sismico di superficie.....	15
4.2 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	15
4.2.1 Valutazione del coefficiente di amplificazione del moto sismico e dei fattori di intensità di Housner secondo analisi RSL15	
4.2.2 Analisi della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione e effetti co-sismici.....	22
5. CONCLUSIONI E ESITI DELLO STUDIO MS	23

TAVOLE

Tav. n. 1: "Carta topografica"	scala 1: 5.000;
Tav. n. 2: "Ripresa aerea"	scala 1: 2.000;
Tav. n. 3: "Carta geologica"	scala 1:2000;
Tav. n. 4: "Indagini geognostiche"	scala 1:1000;
Tav. n. 5: "Tetto della ghiaia"	scala 1:1000;

ALLEGATI

- ALL. N. 1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT;
- ALL. N. 2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH;
- ALL. N. 3 INDAGINI SISMICHE;

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroumodena.it - e-mail: info@geogroumodena.it



1. PREMESSE

Nel mese di Novembre 2018 è stato eseguito il presente studio di Microzonazione Sismica a supporto della richiesta di variante urbanistica PUA "Comparto Piemme – Torre Oche", secondo le disposizioni indicate dalla normativa regionale DGR 2193/15.

Lo studio MS è relativo ad un'area posta Via Nirano presso la località Torre delle Oche nel Comune di Maranello e nel Comune di Fiorano Modenese.



Fig. 1.1 – Panoramica aerea dell'area in esame tratta da Bing Maps

Per ottemperare alle richieste della normativa regionale DGR 2193/15 lo studio di microzonazione verrà sviluppato secondo le seguenti fasi:

- *Identificazione del modello geologico, idrogeologico, geofisico di riferimento dell'area (I Livello di Approfondimento);*
- *Identificazione del coefficiente stratigrafico di amplificazione di sito, verifica della suscettività del sito ai fenomeni di liquefazione (III Livello di approfondimento);*

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame si colloca a cavallo tra il comune di Maranello e Fiorano Modenese (MO), come illustrato nella "Carta topografica" (tav. n. 1) e nella "Ripresa fotografica generale dell'area di interesse" (tav. n. 2), riportate in allegato.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



Si illustra successivamente la tavola schematica del PUA "Comparto Piemme – Torre Oche"



Fig. 1.2 – Stralcio tavola schematica PUA "Comparto Piemme – Torre Oche"

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1 ELEMENTI GEOLOGICI GENERALI

L'area si inserisce in un contesto morfologico di valle, in corrispondenza del primo margine appenninico

La geologia di superficie (quaternario) è rappresentata dalle unità AES8a e AES8 costituite da alternanze di Ghiaie e Ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. L'area ricade a cavallo di due ordini di terrazzo, il primo costituito dall'unità AES8 e il secondo dall'unità AES8a, di genesi più recente. In direzione di monte la cartografia geologica mostra la presenza di una conoide torrentizia in evoluzione (i1): trattasi di depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallecole trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale trasportato dall'acqua, soggetti ad evoluzione dovuta alla dinamica torrentizia.

Il substrato di riferimento risulta costituito dalla formazione delle argille azzurre (FAA): tale unità risulta composta da argille, argille marnose e argille siltose strutturalmente ordinate, stratificate, con eventuale rara presenza di livelli arenitici.

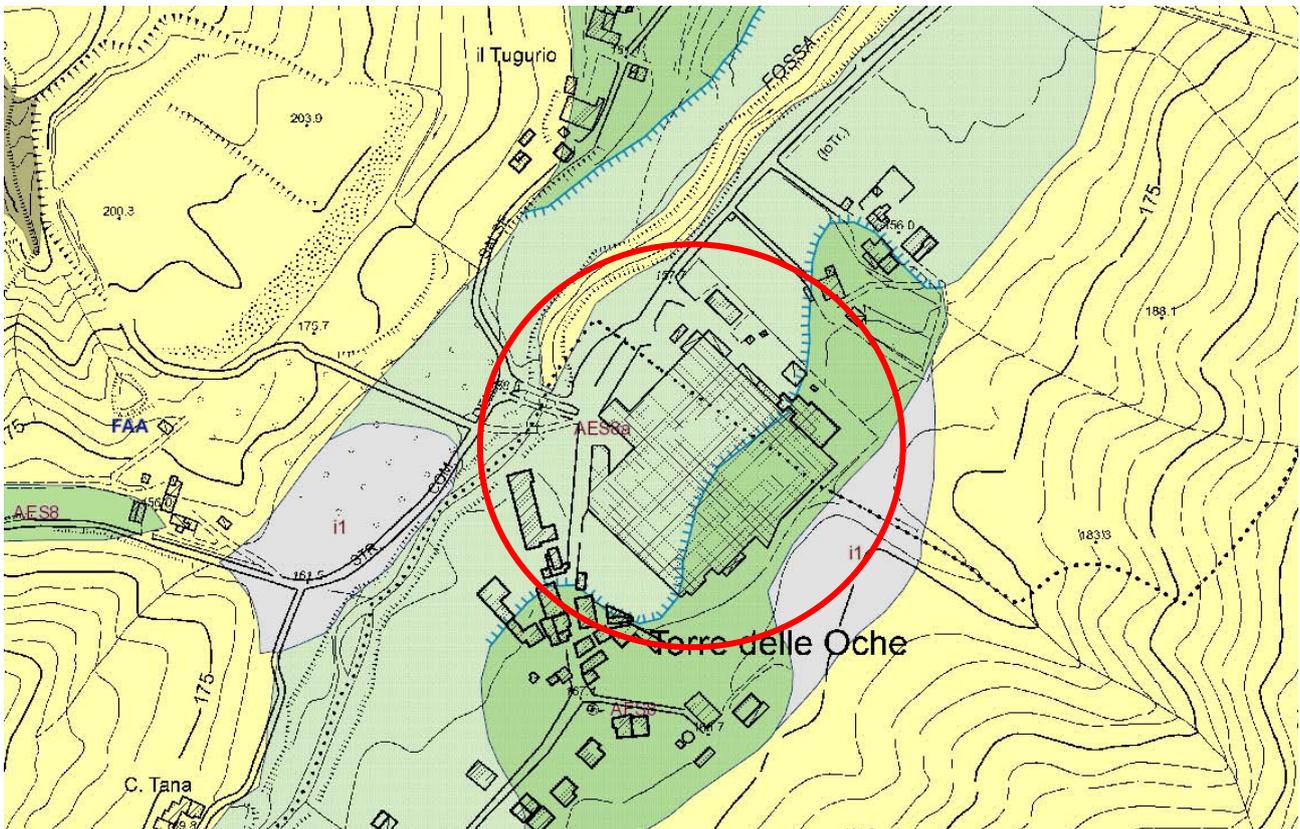


Fig. 2.1 – Stralcio della Carta geologica della Regione Emilia Romagna

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

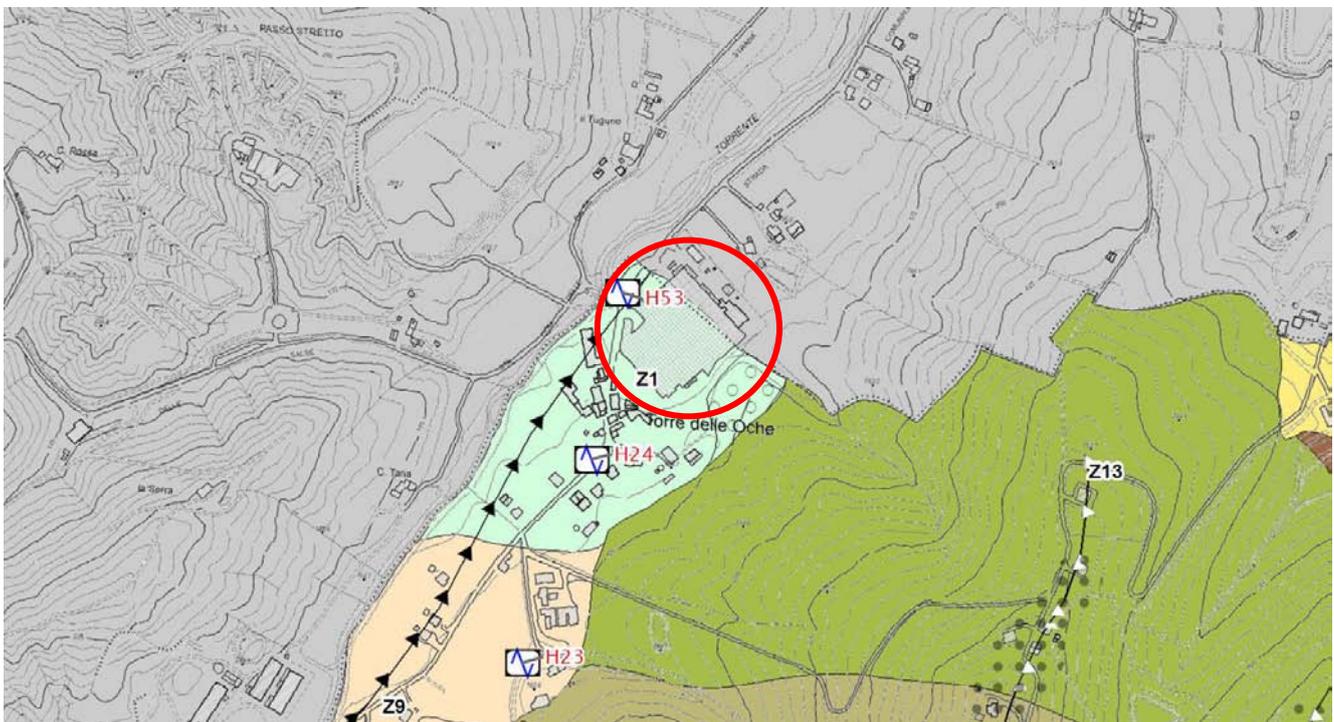


2.2 INQUADRAMENTO DEL SITO RISPETTO AGLI STUDI URBANISTICI VIGENTI

Poiché l'area in questione risulta ricadere su parte del territorio comunale di Maranello e parte del Comune di Fiorano Modenese, l'area verrà inquadrata in riferimento alle cartografie relative a entrambi studi di Microzonazione sismica comunali.

2.2.1 Comune di Maranello - Studio Microzonazione sismica

A monte della fase di modellazione diretta delle caratteristiche geologiche e sismiche a corredo dello studio MS, sono stati consultati gli elaborati cartografici relativi allo studio MS, redatto a scala comunale, per il Comune di Maranello. Da quanto illustrato nella carta "Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS" (Fig. n. 2.2), l'area risulta ricadere all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e in corrispondenza della microzona "Z1", caratterizzate da depositi alluvionali in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi.



Zone stabili suscettibili di amplificazione locale

Z1	Zona 1 Depositi alluvionali in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria da poco a ben assortita e limosi - limoso argillosi, con prevalente percentuale delle componenti fini: 60-65%; Vs = 300/500 m/sec per le ghiaie, Vs = 450/550 m/sec per i limi - limi argillosi sabbiosi.
----	---

Fig. 2.2 – Stralcio della tavola "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)" dello studio di microzonazione sismica del Comune di Maranello;

Analizzando le cartografie "Carta di microzonazione di livello 2" e "Carta degli effetti attesi per zone a comportamento equivalente e dei livelli di approfondimento", si deriva un fattore di amplificazione della PGA pari a 1.6. L'area viene inquadrata secondo Zona 7 (Z7) definibile da "Aree caratterizzate da forme e/o elementi sepolti, zone valli strette. In tali aree lo studio MS prescrive analisi di terzo livello di approfondimento.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



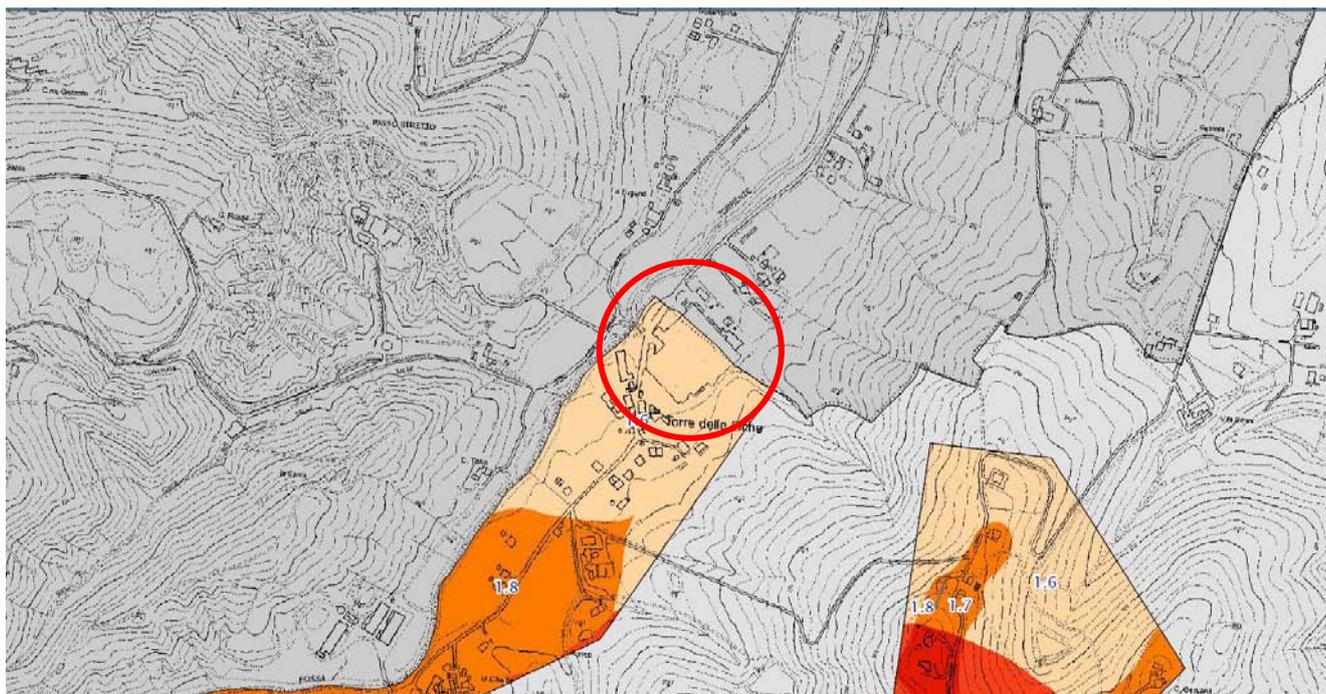


Fig. 2.3 – Stralcio della "Carta di microzonazione di livello 2" del Comune di Maranello

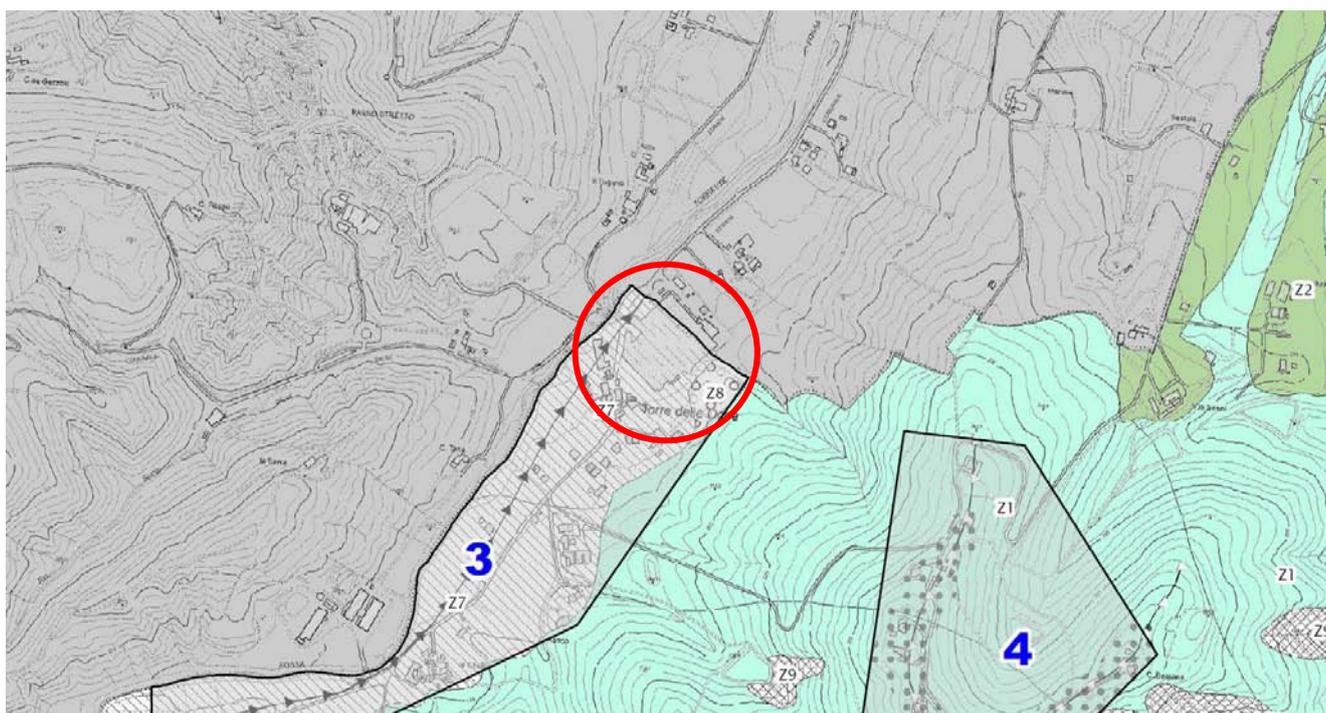


Fig. 2.4 – Stralcio della "Carta degli effetti attesi per zone a comportamento equivalente e dei livelli di approfondimento" del Comune di Maranello

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



2.2.1 Comune di Fiorano Modenese - Studio Microzonazione sismica

In riferimento al settore dell'area che ricade all'interno del Comune di Fiorano Modenese, è stata presa in analisi la cartografia relativa allo studio MS redatto nell'anno 2012. Da quanto illustrato nella carta "Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS" (Fig. n. 2.5), l'area risulta ricadere in corrispondenza della zona 6 (monte del lotto) e della zona 5 (valle del lotto). Per la zona 6 si definiscono alternanze di depositi limosi con strati ghiaioso-sabbiosi mentre per la zona 5 alternanze di depositi limosi con strati ghiaioso-sabbiosi.



Fig. 2.5 – Stralcio della tavola "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)" dello studio di microzonazione sismica del Comune di Fiorano Modenese;

Analizzando la cartografia "Carta del fattore di amplificazione della PGA", si deriva un fattore di amplificazione della PGA di 1.4.

La difformità rilevata tra le carte relative allo studio MS del Comune di Maranello e del Comune di Fiorano Modenese fa sì che risulti cautelativo considerare il rischio sismico prospettato nelle cartografie del Comune di Maranello. Per tale motivo, il presente studio verrà sviluppato secondo analisi di III livello.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



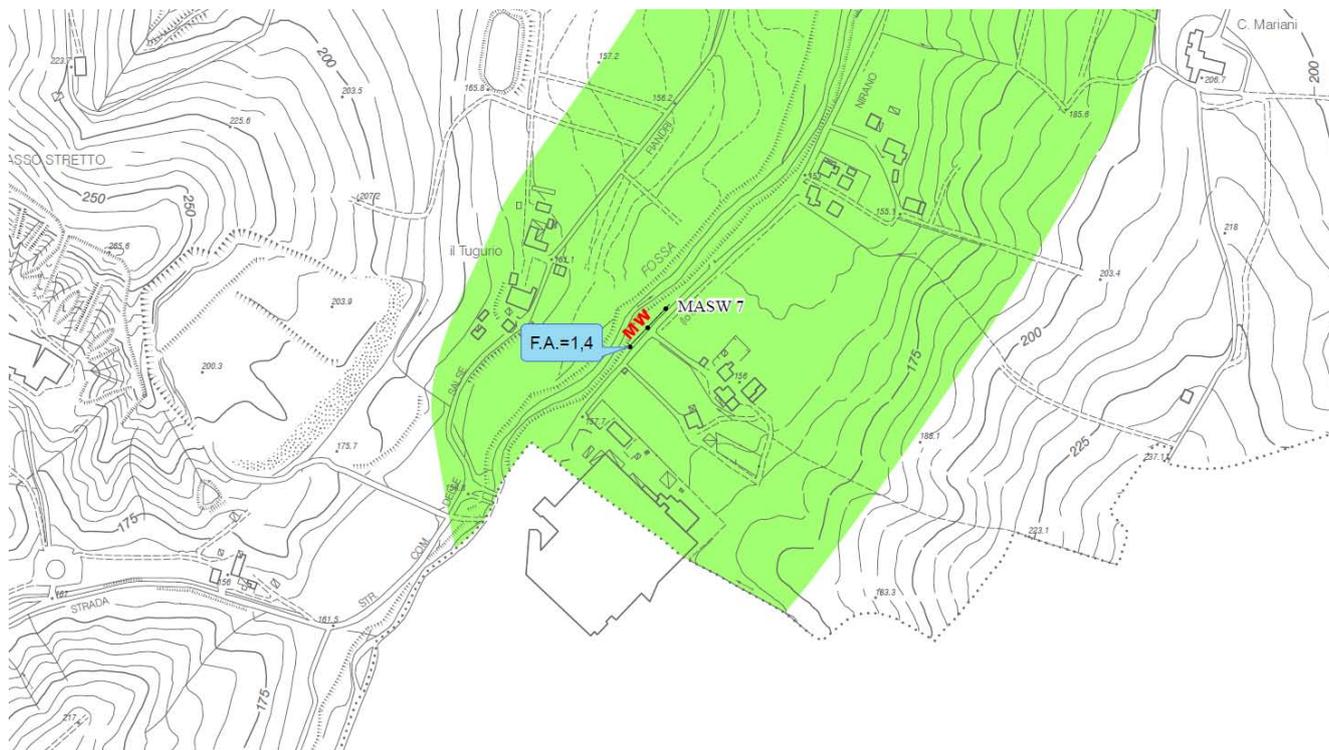


Fig. 2.6 – Stralcio della "Carta del fattore di amplificazione della PGA"

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



3. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

3.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA

In relazione alla litologia presente nell'area e in funzione delle verifiche da eseguirsi a supporto della dello studio MS e della futura progettazione delle opere, la caratterizzazione diretta del volume significativo di sottosuolo è stata eseguita nell'anno 2015 attraverso l'esecuzione della seguente campagna geognostica:

- n° 6 prove penetrometriche statiche meccaniche CPT;
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH;
- n° 2 indagini sismiche attive con tecnica MASW;
- n° 2 indagini sismiche passive con tecnica Re.Mi;
- n° 4 indagini sismiche passive secondo metodologia HVSR;

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella Tavola n. 5. L'elaborazione di ciascuna tipologia di indagine viene illustrata all'interno degli allegati al presente elaborato.



Fig. 3.1 – Stralcio della tavola relativa all'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite nell'anno 2015

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



3.2 METODOLOGIE DI INDAGINE

3.2.1 Prove penetrometriche CPT e DPSH

Per quel che concerne le modalità di indagine adottate per l'esecuzione delle indagini CPT e DPSH si faccia riferimento alle schede tecniche illustrate in allegato prima dell'elaborazione dei dati.

3.2.2 Indagine sismica secondo dispersione attiva di onde di superficie di tipo Rayleigh (Metodologia MASW)

Per poter caratterizzare il sottosuolo nei confronti della risposta sismica locale, in corrispondenza dell'area in oggetto sono state svolte (anno 2018) due acquisizioni in dispersione sismica attiva di onde superficiali tipo Rayleigh (MASW-Multichannel analysis of surface waves - *Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999*), registrata mediante *array* lineari. Sulla scorta di tali indagini è stato possibile definire le velocità di trasmissione delle onde di taglio S nel sottosuolo.

La tecnica in oggetto permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde di superficie (tipo Rayleigh). Partendo dal sismogramma registrato, generato mediante perturbazione indotta da una sorgente energizzante in asse con lo stendimento, è possibile condurre un'analisi spettrale in termini energetici. Successivamente, attraverso la trasformata di Fourier, si individua la distribuzione dell'energia (spettro) relativa alle velocità di fase e in funzione delle varie frequenze alle quali sono registrate. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità si ottiene la curva di dispersione. Attraverso una fase d'inversione del segnale è infine possibile calcolare il modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). Tale fase si basa sul principio che le velocità delle onde di Rayleigh sono generalmente 1/9 delle velocità delle onde di taglio (*Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999*).

La suddetta analisi è stata realizzata mediante *array* lineare costituito da n. 24 geofoni verticali, aventi frequenza propria di risonanza pari a 4.5 Hz, spazati di *offset* pari a 5.00 m. Il segnale analogico derivante dalle apparecchiature geofoni che è stato convertito in segnale digitale mediante sismografo Geode (Geometrics) 24 bit. I parametri di acquisizione utilizzati hanno previsto una velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Le energizzazioni, eseguite attraverso massa battente da 8.00 Kg, sono state eseguite a 15.00 m, in direzione opposta al geofono corrispondente al primo canale di acquisizione della strumentazione.

Poiché il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, Velocità(fase)/frequenza, rappresenta una metodologia non univoca, risulta sempre preferibile operare la modellazione in presenza di dati di taratura (stratigrafici, geofisici, geotecnici ...).

3.2.3 Indagine sismica passiva mediante registrazione di microtremori naturali (Metodologia REMI)

Per estendere la caratterizzazione sismica del sottosuolo e raggiungere un'elevata coerenza dei dati acquisiti nelle indagini MASW successivamente descritte, sono state svolte n. 2 acquisizioni di rumore sismico ambientale disperso attraverso *array* di registrazione lineari monodimensionali (REMI). Tale tecnica, conosciuta secondo la metodologia Re.Mi. (*Louie, 2001*), permette di campionare le frequenze più basse, caratterizzanti le porzioni più profonde del sottosuolo. La tecnica Re.Mi sfrutta la capacità di poter mettere in relazione le velocità di fase e le frequenze, relative alle onde di taglio, con le forme di dispersione delle onde di superficie. I microtremori sismici naturali determinano, in corrispondenza della superficie, la formazione di onde superficiali di Rayleigh. L'indagine Re.Mi è stata eseguita mediante l'ausilio di sismografo GEODE (Geometrics) con 24 canali di acquisizione. L'*array* di misura è stato costituito attraverso la disposizione di n. 24 geofoni verticali con frequenza propria di vibrazione pari a 4.5 Hz, con *offset* geofonico pari a 2.00 m.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



La tecnica Re.Mi utilizza i microtremori naturali come sorgente sismica, trasformando i dati acquisiti da un dominio spazio/tempo a un dominio frequenza/velocità⁻¹ attraverso una trasformazione definita $\rho\text{-}\tau$ (Thorson & Claerbout, 1985) e una trasformazione di Fourier applicata nella direzione di τ . Così facendo è possibile definire lo spettro energetico relativo alle velocità di fase delle onde di Rayleigh nel dominio frequenza/velocità⁻¹. Utilizzando array lineari l'interpretazione degli spettri non risulta pertanto lineare: per ovviare al problema delle velocità apparenti, derivante dal fatto che la direzione di propagazione delle onde nelle tecniche passive non è necessariamente parallela all'array, è di comune prassi eseguire il *pick* dello spettro non al massimo dell'energia ma al minimo.

3.2.4 Acquisizione di rumore sismico naturale disperso mediante stazione veloci metrica triassiale (Metodologia HVSR)

Per la definizione delle frequenze naturali di vibrazione dei depositi superficiali presenti, è stata svolta una campagna di acquisizione di rumore sismico naturale disperso mediante n. 4 registrazioni a stazione singola velocimetrica triassiale. La durata delle acquisizioni eseguite è pari a $T = 1200$ s. In conformità a quanto esposto nelle linee guida "*Guideline for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations*" imposte dal *SESAME European research project (2004)*, le acquisizioni di rumore sismico hanno avuto durata pari a 1200 secondi per sito di campionamento. L'identificazione delle frequenze fondamentali, individuabili sulla base della metodologia dei rapporti spettrali HVSR (Nakamura 1989), è stata svolta mediante il software WINMASW ACCADEMY (Eliosoft), attraverso lo specifico modulo contenuto per la modellazione delle curve H/V. Considerando le registrazioni di micro-tremore in superficie è possibile risalire, tramite la tecnica HVSR, alla struttura geologica tipica di un deposito sedimentario. Il micro-tremore registrato dal velocimetro è composto da onde superficiali e da onde di volume. Entrambe vengono modificate dall'azione filtrante dello strato soffic. Per questo, è possibile definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (H_f) e verticale (V_f); tali spettri sono collegati direttamente agli spettri delle onde di volume e di quelle di superficie dalle seguenti formule:

$$H_f = A_h * H_h + H_s$$

$$V_f = A_v * V_h + V_s$$

dove A_h e A_v sono fattori di amplificazione del moto orizzontale e verticale delle onde di volume; H_b e V_b sono gli spettri orizzontali e verticali del moto nel bedrock mentre H_s e V_s sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie. Considerando quanto esposto in bibliografia, in relazione alla tecnica HVSR., è possibile definire il rapporto QTS come:

$$QTS = \frac{H_f}{V_f} = \frac{H_b}{V_b} * \frac{A_b + \frac{H_s}{H_b}}{A_v + \frac{V_s}{V_b}}$$

Nel campo delle basse frequenze ($f < (2-3)f_0$) non è possibile definire amplificazione significativa del moto verticale; inoltre, gli spettri H_b e V_b nel bedrock non hanno ancora ricevuto alcuna rilevante amplificazione. Con l'ulteriore ipotesi di predominanza delle onde provenienti dal bedrock su quelle superficiali si può dimostrare che il QTS è una approssimazione per difetto del fattore di amplificazione orizzontale A_h .

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



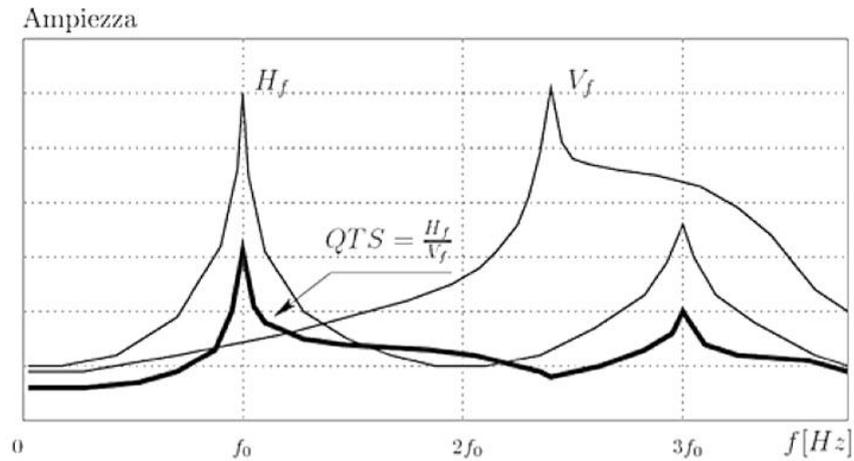


Fig. 3.2: Confronto schematico tra lo spettro orizzontale (H_f) e verticale (V_f) e il rapporto $QTS=H_f/V_f$

Quindi, considerando un sito ideale caratterizzato da uno strato soffice posto al disopra del bedrock, un'onda sismica proveniente dal bedrock stesso attraversa lo strato soffice per giungere in superficie, modificandosi in base alle caratteristiche di quest'ultimo. Se si suppone che lo strato soffice sia omogeneo ed elastico, risulta possibile calcolare la frequenza fondamentale di risonanza secondo la legge del quarto d'onda:

$$f_0 = \frac{C_s}{4H}$$

dove C_s è la velocità delle onde S e H è la profondità dello strato soffice.



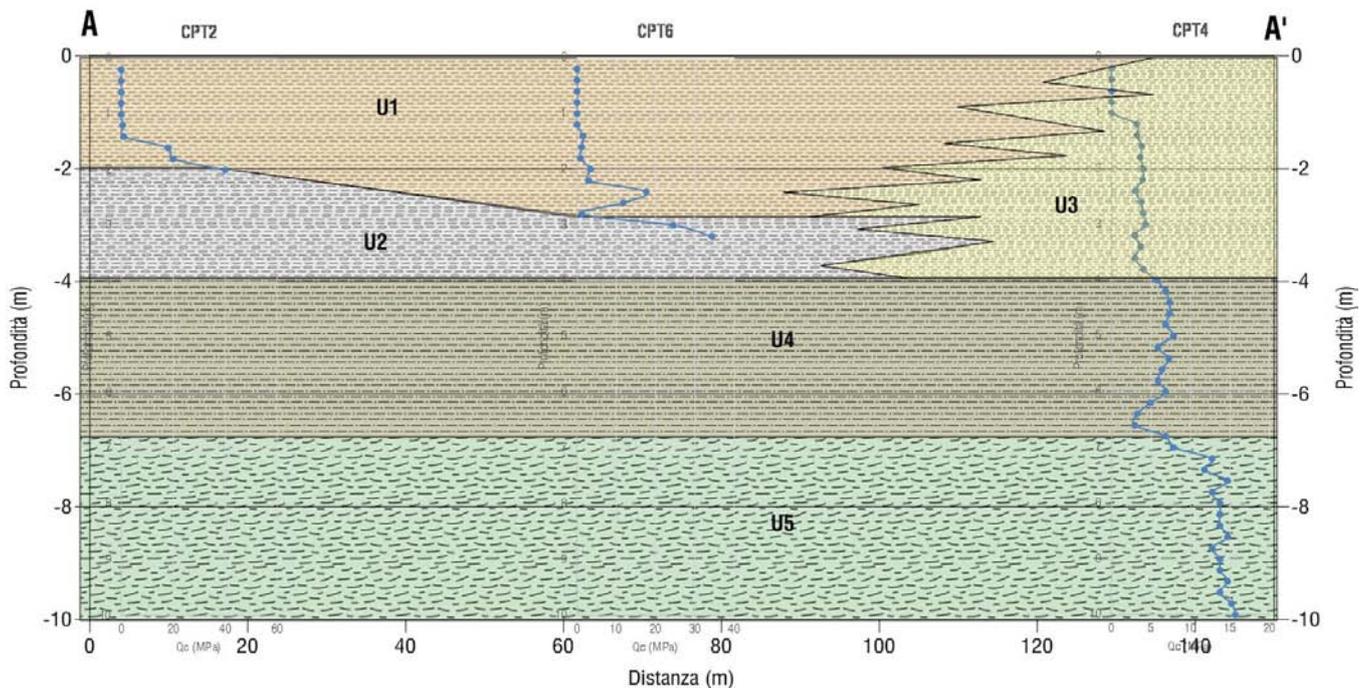
4. STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA (DGR 2193/15 REGIONE EMILIA ROMAGNA)

4.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

La presente fase di analisi, in accordo con la normativa regionale DGR 2193/15 della Regione Emilia Romagna, costituisce lo studio preliminare nel quale vengono definite le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche del sito sulla scorta delle indagini eseguite nell'anno 2015. Lo studio di primo livello di approfondimento risulta propedeutico alla seconda fase di analisi, in questo caso eseguita secondo III livello di approfondimento.

4.1.1 Modello geologico di riferimento

Si illustra successivamente il modello geologico derivato per le verticali di prova CPT2, CPT6 e CPT4.



In corrispondenza delle verticali di prova CPT2 e CPT6 si rinviene l'unità **U1** composta da terreni argillosi a media-scarso consistenza. Al disotto di tale unità si rinviene una lente composta da ghiaia e sabbia (**U2**). Tali unità si estendono fino in corrispondenza dell'unità **U3** che si rinviene in direzione di monte: tale corpo litotecnico costituisce molto probabilmente depositi di versante derivanti dalla disgregazione per erosione del pendio retrostante l'area in oggetto. Al disotto delle unità descritte, si rinvengono terreni argilloso-limosi consistenti (**U4**) seguiti da substrato argillitico compatto (**U5**).

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



4.1.2 Frequenze naturali di sito

Dall'analisi delle n. 4 acquisizioni HVSR eseguite nell'anno 2015 non sono state derivate frequenze caratteristiche di sito significative. Gli elevati valori di frequenza naturale dei depositi rilevati sono da ricondurre agli orizzonti di ghiaie e sabbie rinvenibili superficialmente, già nei primi metri di sottosuolo. Poiché tali frequenze si riconducono a periodi di vibrazione all'intorno del periodo $T=0.025$ s (valore atipico di vibrazione degli edifici civili) si esclude a priori la verificabilità di alcun fenomeno di "doppia risonanza".

4.1.4 Modello idrogeologico di riferimento

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche (luglio 2015) non è stata rilevata alcuna soggiacenza all'interno dei fori di sondaggio eseguiti. Non si esclude che, stagionalmente, gli orizzonti ghiaiosi possano accogliere falde acquifere effimere.

4.1.5 Modello sismico di superficie

Vengono illustrati successivamente i risultati ottenuti a seguito dell'elaborazione delle indagini geofisiche eseguite per la caratterizzazione sismica del sottosuolo.

INDAGINE	V_{S30}
MASW1	$V_{S30} = 325$ m/s
MASW2	$V_{S30} = 269$ m/s
Re.Mi1	$V_{S30} = 272$ m/s
Re.Mi2	$V_{S30} = 282$ m/s

Con riferimento alle categorie di sottosuolo definite dalla normativa tecnica nazionale NTC 2018, in relazione ai valori di velocità mediate nei primi 30 m di sottosuolo, è possibile classificare il volume significativo indagato secondo la **categoria di sottosuolo C**.

4.2 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

4.2.1 Valutazione del coefficiente di amplificazione del moto sismico e dei fattori di intensità di Housner secondo analisi RSL

Alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 delle NTC2018 e in accordo con quanto esposto nella D.A.L 112/2007 e successiva D.G.R. 2193/2015 della Regione Emilia Romagna, sono stati definiti i fattori di amplificazione dell'accelerazione e delle velocità spettrali secondo uno **studio di risposta sismica locale, secondo III livello di approfondimento**. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 delle NTC 2018, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin).

Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione, relativi allo stato limite SLV, è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente.

Utilizzando un modello lineare equivalente è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali, al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



rigidezza e smorzamento che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Attraverso un'iterazione di calcoli si raggiunge una convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H , del modulo di taglio massimo G_{max} o dalla corrispondente velocità massima V_{max} , dal valore dello smorzamento D , dal peso dell'unità di volume γ e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ($G / G_0 - \gamma$) e le corrispondenti curve dello smorzamento ($D - \gamma$) con la deformazione di taglio γ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidezza (**G**) e dallo smorzamento (**D**). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato (u) è funzione della profondità (z) e del tempo (t):

$$u(z, t) = A \exp[i(\omega t + k^* z)] + B \exp[i(\omega t - k^* z)]$$

Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore k^* risulta dipendente dal modulo di taglio (G), dal grado di smorzamento (D) e dalla densità del terreno (ρ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}} \qquad G^* = G(1 - 2D^2 + i2D\sqrt{1 - D^2}) \approx G(1 + i2D)$$

Dove G^* e v_s^* rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.

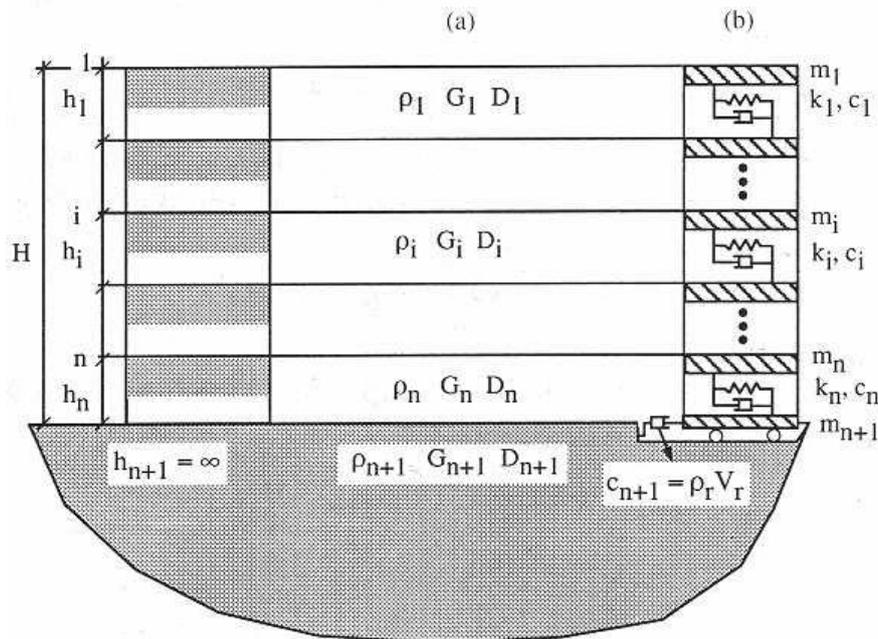


Fig. 4.1: Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



MODELLO SIMULATO

Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata. Il profilo considerato deriva dall'interpolazione dei dati provenienti dalle indagini geofisiche eseguite e i dati, di natura bibliografica, disponibili per il sito di riferimento.

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidezza e smorzamento, al variare della deformazione percentuale γ (%). Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

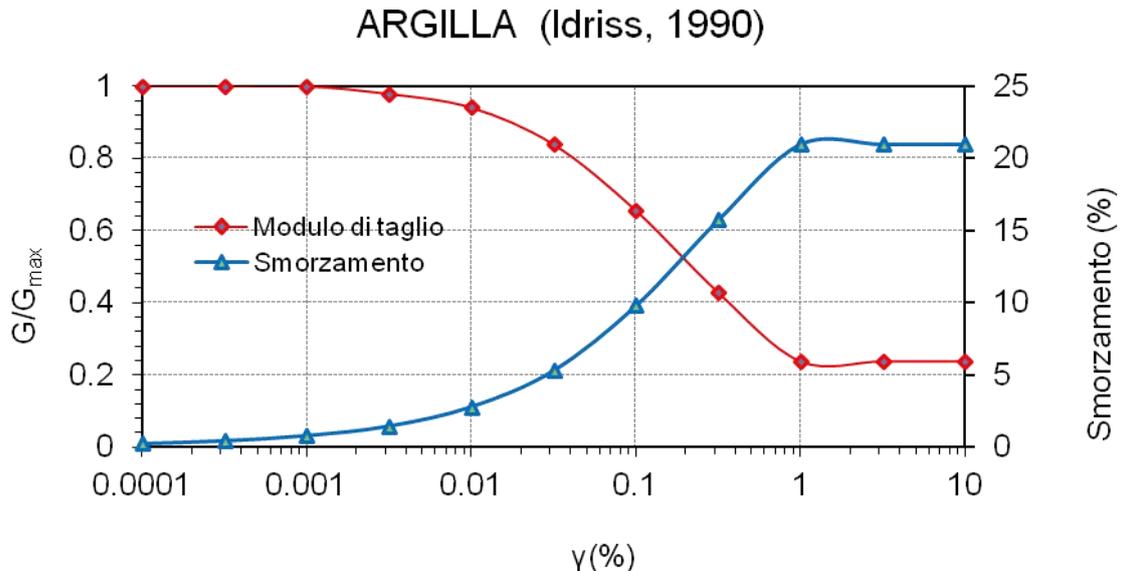


Fig. 4.2: Curva di decadimento dei moduli G/G_{max} e D , utilizzata per descrivere il comportamento dei materiali coesivi che compongono il sottosuolo in oggetto.

Trattandosi di una verifica a monte di una fase di verifica urbanistica, in accordo con quanto esposto nella D.G.R. 2193/15, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 3 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV. I segnali di riferimento sono stati successivamente scalati per il valore di PGA_0 atteso al suolo rigido in corrispondenza dell'areale oggetto di analisi. Per fare ciò è stata considerata l'interpolazione spaziale dei valori di PGA_0 proposta da INGV per il territorio nazionale e resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0.05 gradi.

Per il sito in oggetto tale valore è pari a **0.162 g** considerando un valore di $C_u = 1.00$ (Classe d'uso II) e $V_n = 50$ anni per ottenere un tempo di ritorno pari a 475 anni.

RISULTATI OTTENUTI

Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione associato. Per via grafica si inserisce successivamente la funzione di trasferimento TF ottenuta a seguito dell'analisi RSL in oggetto. Attraverso tale funzione è possibile definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo, in corrispondenza del sito in oggetto, amplifica il segnale sismico, oltre che a quantificare l'amplificazione stessa.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



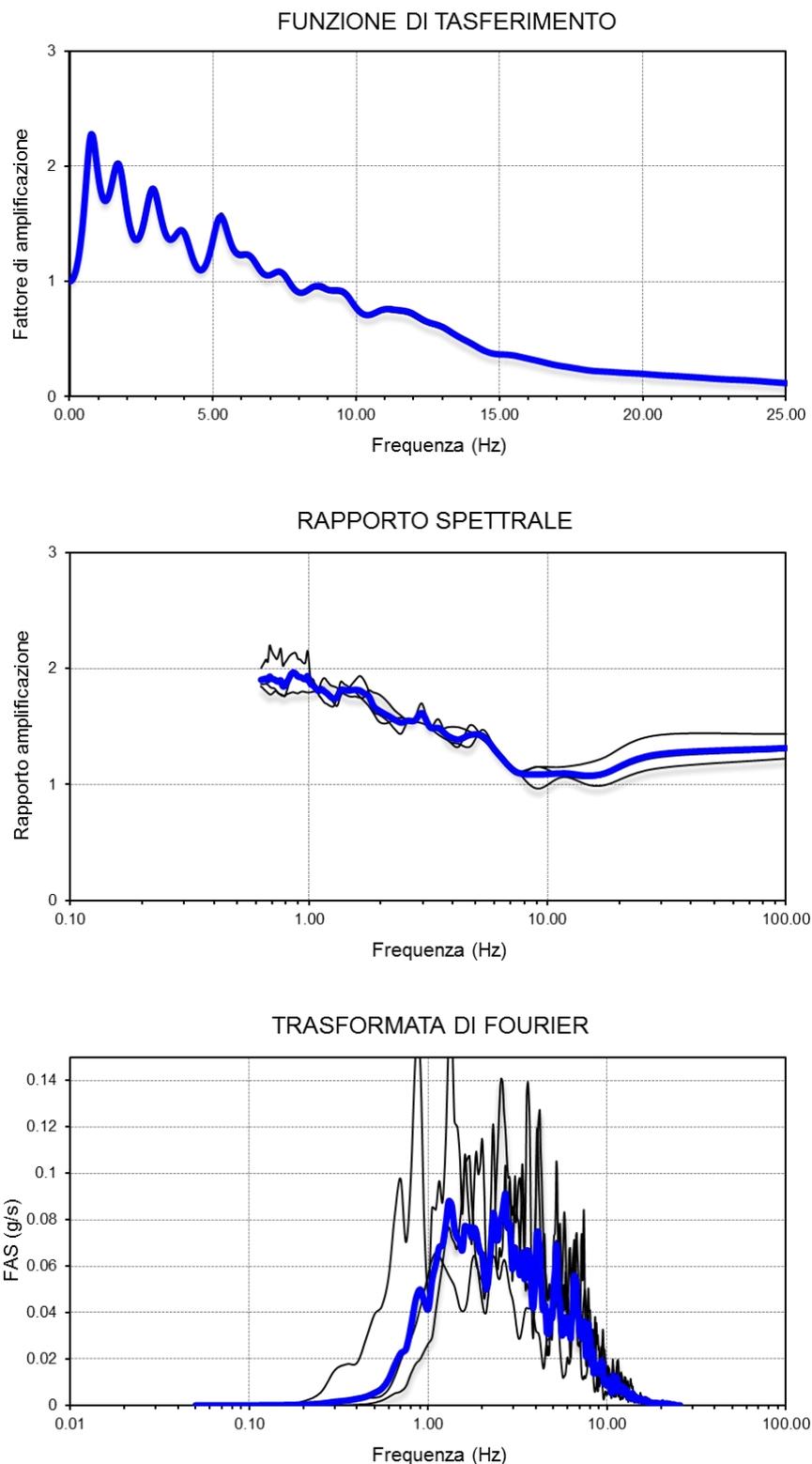


Fig. 4.3: In alto: funzione FTT, funzione FT e rapporto spettrale di amplificazione.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare equivalente e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie:

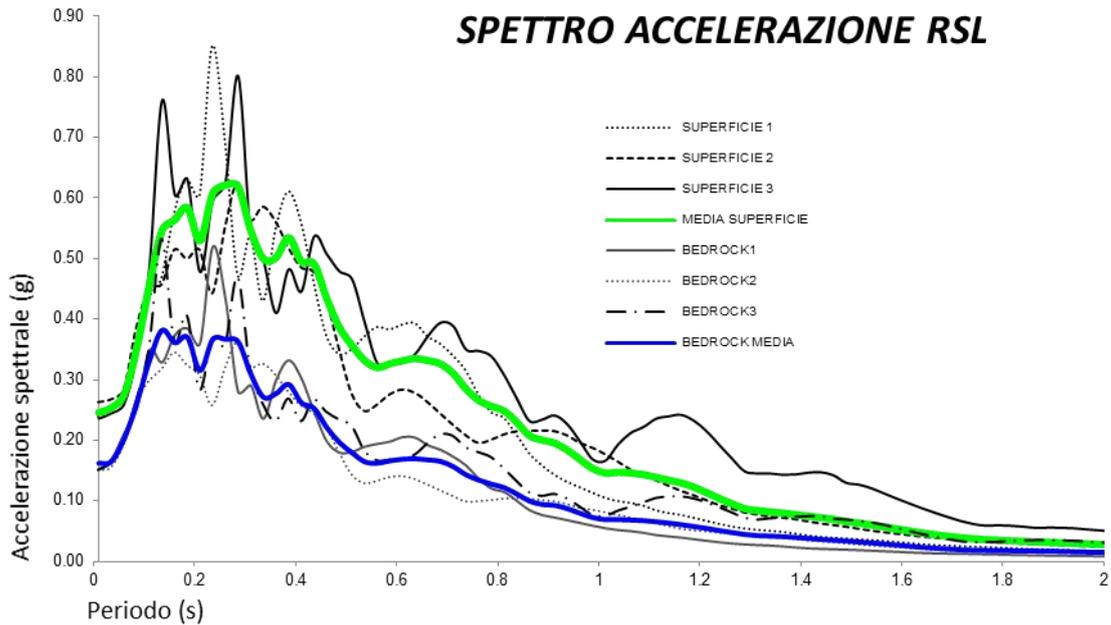


Fig. 4.4: Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV).

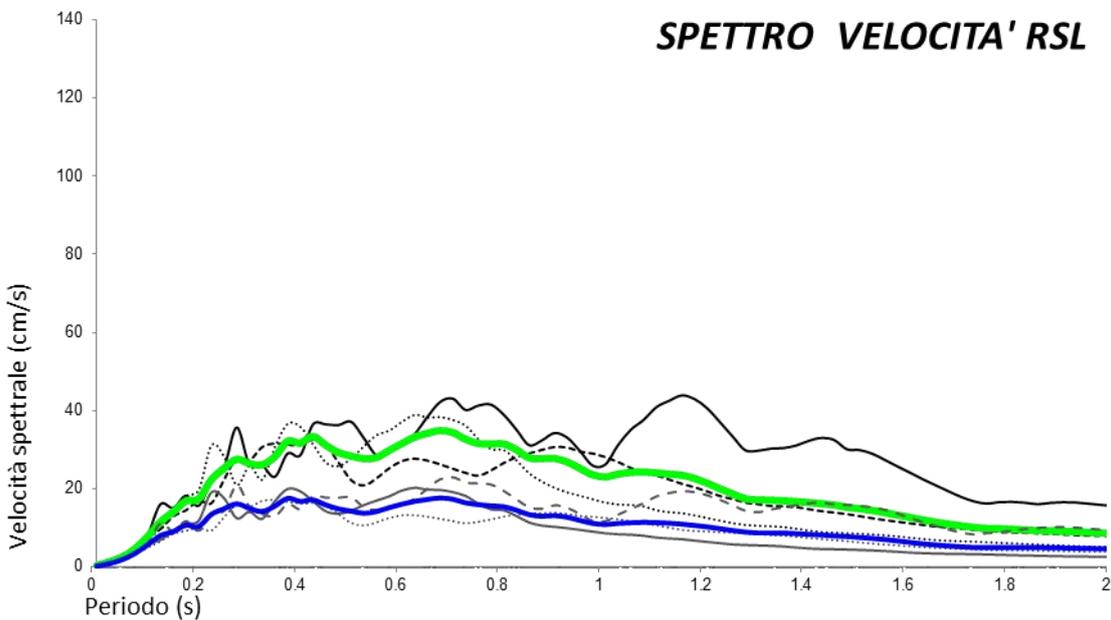


Fig. 4.5: Velocità spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV).

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

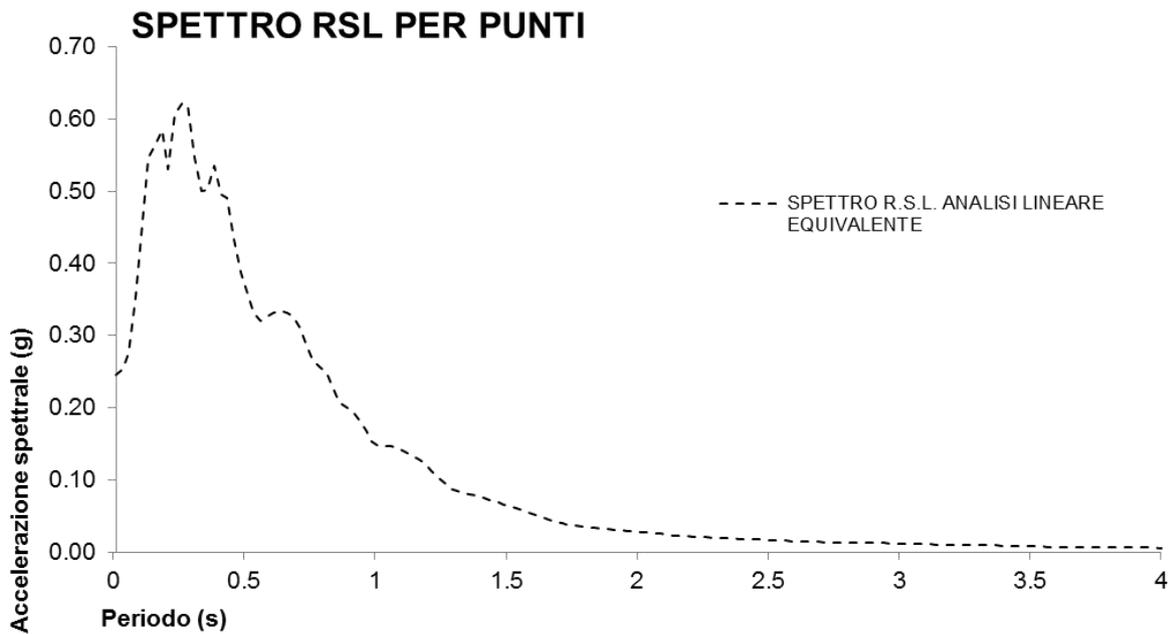
p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



A seguito delle risultanze dello studio RSL svolto si definiscono i seguenti parametri sismici caratteristici del sito analizzato:

SLV	F.A. S.I.					PGA _{MAX}
	PGA ₀	F.A. PGA	(0.00 < T(s) < 0.50)	(0.50 < T(s) < 1.00)	(0.50 < T(s) < 1.50)	
	0.162	1.61	1.94	2.04	2.14	0.246

Tab. 3.1: Parametri che identificano lo spettro normalizzato (SLV - Tr 475), derivato dall'analisi mediante il software di calcolo STRATA;



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



T (s)	Ag								
0.01	0.246	1.04	0.147	2.07	0.026	3.09	0.011	4.12	0.005
0.04	0.254	1.06	0.146	2.09	0.025	3.12	0.010	4.15	0.005
0.06	0.275	1.09	0.143	2.12	0.024	3.14	0.010	4.17	0.005
0.09	0.352	1.11	0.139	2.14	0.023	3.17	0.010	4.20	0.005
0.11	0.457	1.14	0.134	2.17	0.022	3.19	0.010	4.22	0.005
0.14	0.546	1.16	0.130	2.19	0.022	3.22	0.010	4.25	0.005
0.16	0.564	1.19	0.122	2.22	0.021	3.24	0.010	4.27	0.005
0.19	0.584	1.21	0.114	2.24	0.020	3.27	0.009	4.30	0.005
0.21	0.530	1.24	0.104	2.27	0.020	3.29	0.009	4.32	0.005
0.24	0.607	1.26	0.095	2.29	0.020	3.32	0.009	4.35	0.005
0.26	0.621	1.29	0.087	2.32	0.019	3.35	0.009	4.37	0.004
0.29	0.619	1.31	0.084	2.34	0.019	3.37	0.009	4.40	0.004
0.31	0.546	1.34	0.082	2.37	0.019	3.40	0.009	4.42	0.004
0.34	0.500	1.36	0.080	2.39	0.018	3.42	0.008	4.45	0.004
0.36	0.502	1.39	0.077	2.42	0.018	3.45	0.008	4.47	0.004
0.39	0.535	1.41	0.075	2.44	0.018	3.47	0.008	4.50	0.004
0.41	0.495	1.44	0.072	2.47	0.017	3.50	0.008	4.52	0.004
0.44	0.491	1.46	0.070	2.49	0.017	3.52	0.008	4.55	0.004
0.46	0.434	1.49	0.066	2.52	0.016	3.55	0.007	4.57	0.004
0.49	0.386	1.51	0.063	2.54	0.016	3.57	0.007	4.60	0.004
0.51	0.356	1.54	0.060	2.57	0.015	3.60	0.007	4.62	0.004
0.54	0.332	1.56	0.057	2.59	0.015	3.62	0.007	4.65	0.004
0.56	0.320	1.59	0.054	2.62	0.015	3.65	0.007	4.67	0.004
0.59	0.326	1.61	0.050	2.64	0.014	3.67	0.007	4.70	0.004
0.61	0.331	1.64	0.047	2.67	0.014	3.70	0.006	4.72	0.004
0.64	0.335	1.66	0.044	2.69	0.014	3.72	0.006	4.75	0.004
0.66	0.332	1.69	0.042	2.72	0.014	3.75	0.006	4.77	0.004
0.69	0.326	1.72	0.039	2.74	0.013	3.77	0.006	4.80	0.004
0.71	0.310	1.74	0.037	2.77	0.013	3.80	0.006	4.82	0.004
0.74	0.285	1.77	0.036	2.79	0.013	3.82	0.006	4.85	0.004
0.76	0.266	1.79	0.035	2.82	0.013	3.85	0.006	4.87	0.003
0.79	0.256	1.82	0.034	2.84	0.013	3.87	0.006	4.90	0.003
0.81	0.248	1.84	0.033	2.87	0.013	3.90	0.006	4.92	0.003
0.84	0.230	1.87	0.032	2.89	0.013	3.92	0.006	4.95	0.003
0.86	0.208	1.89	0.031	2.92	0.012	3.95	0.006	4.97	0.003
0.89	0.200	1.92	0.031	2.94	0.012	3.97	0.006	5.00	0.003
0.91	0.195	1.94	0.030	2.97	0.012	4.00	0.006		
0.94	0.184	1.97	0.029	2.99	0.012	4.02	0.006		
0.96	0.168	1.99	0.028	3.02	0.011	4.05	0.005		
0.99	0.153	2.02	0.028	3.04	0.011	4.07	0.005		
1.01	0.146	2.04	0.027	3.07	0.011	4.10	0.005		

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



4.2.2 Analisi della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione e effetti co-sismici

Data l'assenza di orizzonti sabbiosi sciolti all'interno del volume significativo di sottosuolo indagato risulta ragionevole considerare in via preliminare l'assenza di condizioni predisponenti alla verificabilità di fenomeni di liquefazione. Per tale motivo non verrà eseguita alcuna verifica del rischio di liquefazione dell'area e nessuna analisi di effetti co-sismici annessi (cedimenti co-sismici).

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

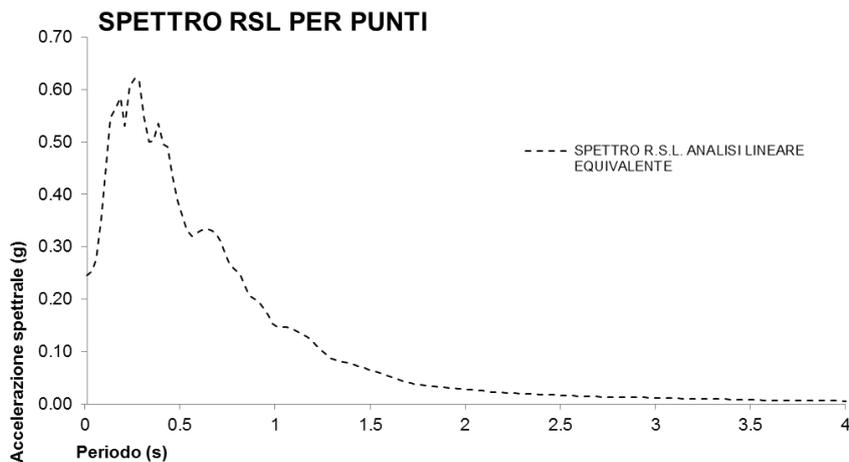


5. CONCLUSIONI E ESITI DELLO STUDIO MS

Il presente elaborato contiene lo studio di Microzonazione Sismica a supporto del nuovo piano urbanistico PUA "Comparto Piemme – Torre Oche" Via Nirano, località Torre delle Oche in Comune di Maranello e Comune di Fiorano Modenese (MO). Lo studio in oggetto è stato eseguito in ottemperanza alla disposizione regionale DGR 2193/15 che costituisce la linea guida per la redazione di studi di microzonazione sismica a supporto della progettazione urbanistica.

Gli studi di microzonazione sismica comunale (Comune di Maranello e Fiorano Modenese) prescrivono l'esecuzione di studi di III livello di approfondimento in relazione all'identificazione dei principali parametri di amplificazione sismica. In rispetto di ciò, lo studio eseguito è stato sviluppato secondo il suddetto approccio di analisi.

A seguito della determinazione del modello geologico di riferimento (I livello di approfondimento) è stata sviluppata un'analisi di risposta sismica locale in accordo con il regolamento regionale in materia MS DGR 2193/15. Gli esiti dell'analisi RSL sono i seguenti:



	F.A. S.I.					
	PGA ₀	F.A. PGA	(0.00 < T(s) < 0.50)	(0.50 < T(s) < 1.00)	(0.50 < T(s) < 1.50)	PGA _{MAX}
SLV	0.162	1.61	1.94	2.04	2.14	0.246

In accordo con la normativa regionale DGR 2391/2015 data l'assenza di unità sabbiose fini e a scarso/medio addensamento nel sottosuolo indagato, risulta ragionevole considerare non verificabile alcun fenomeno di liquefazione del terreno.

In conclusione si prescrive che, in fase di progettazione esecutiva degli interventi, sarà cura predisporre una relazione geologica, geotecnica e sismica specifica per ogni intervento in progetto

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.



Modena, 26 Novembre 2018
Dott. Geol. Pier Luigi Dallari
GEO GROUP S.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



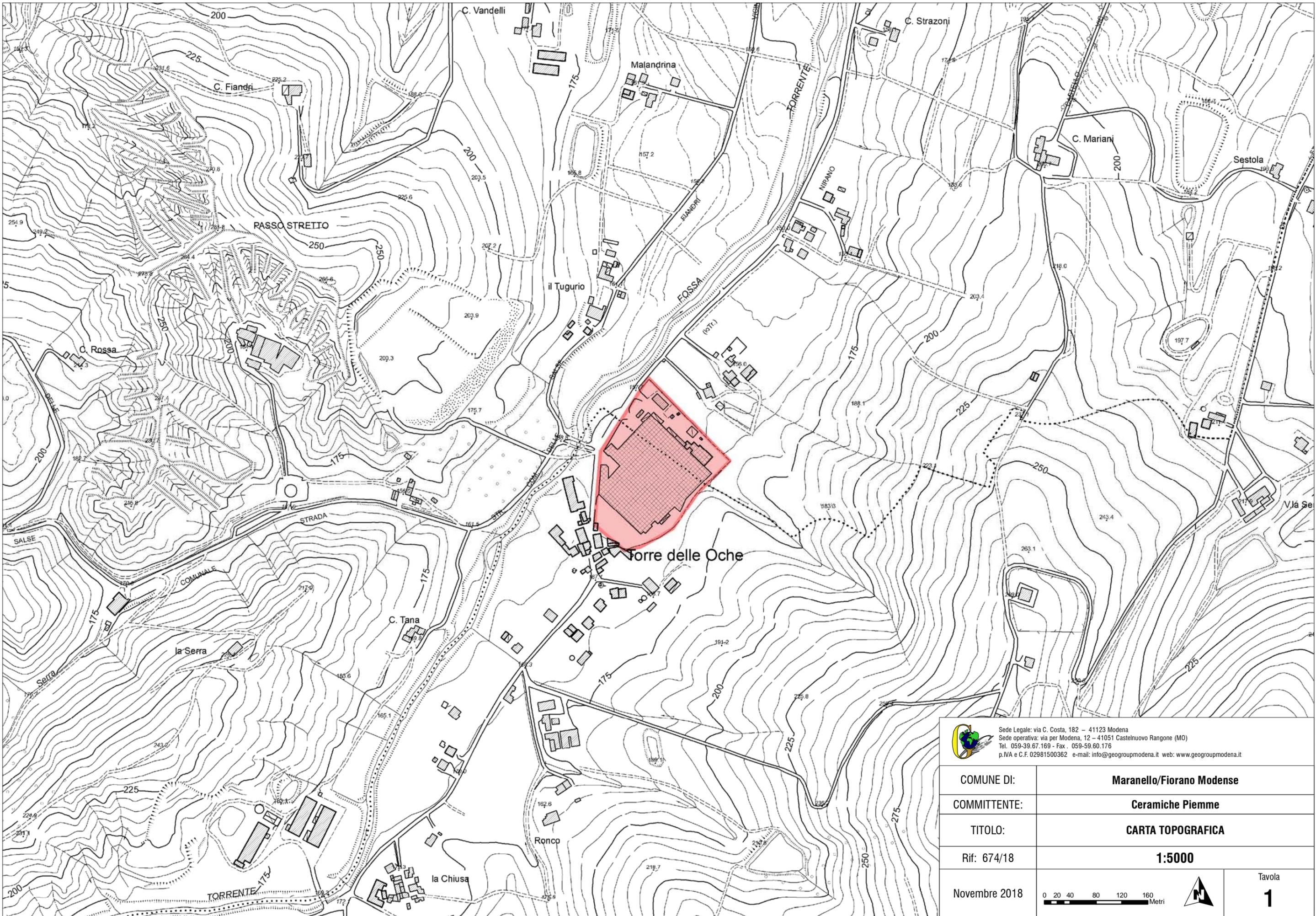


GEO GROUP Srl

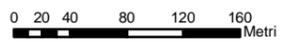


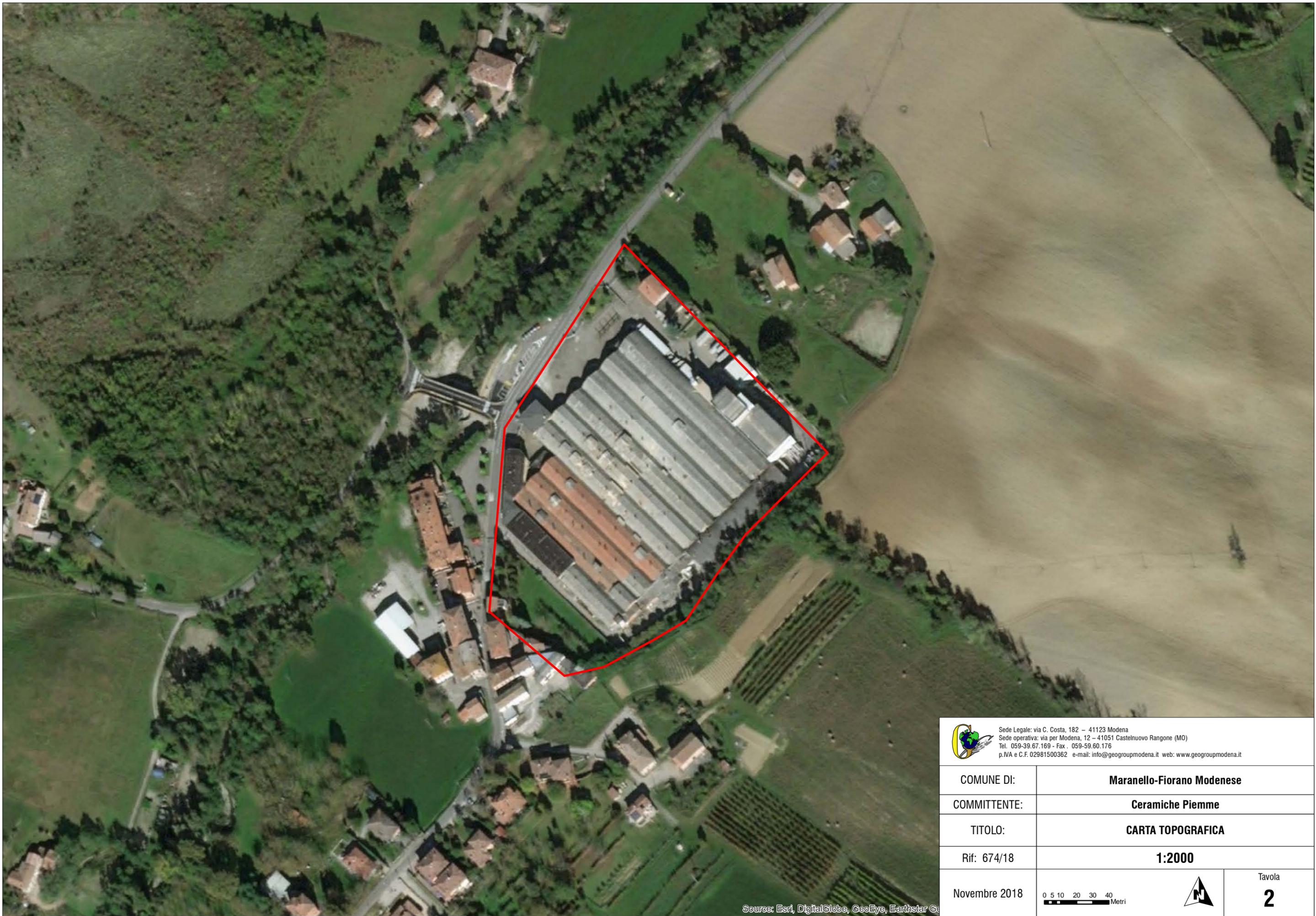
TAVOLE

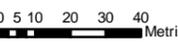
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362
e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it



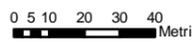

 Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it

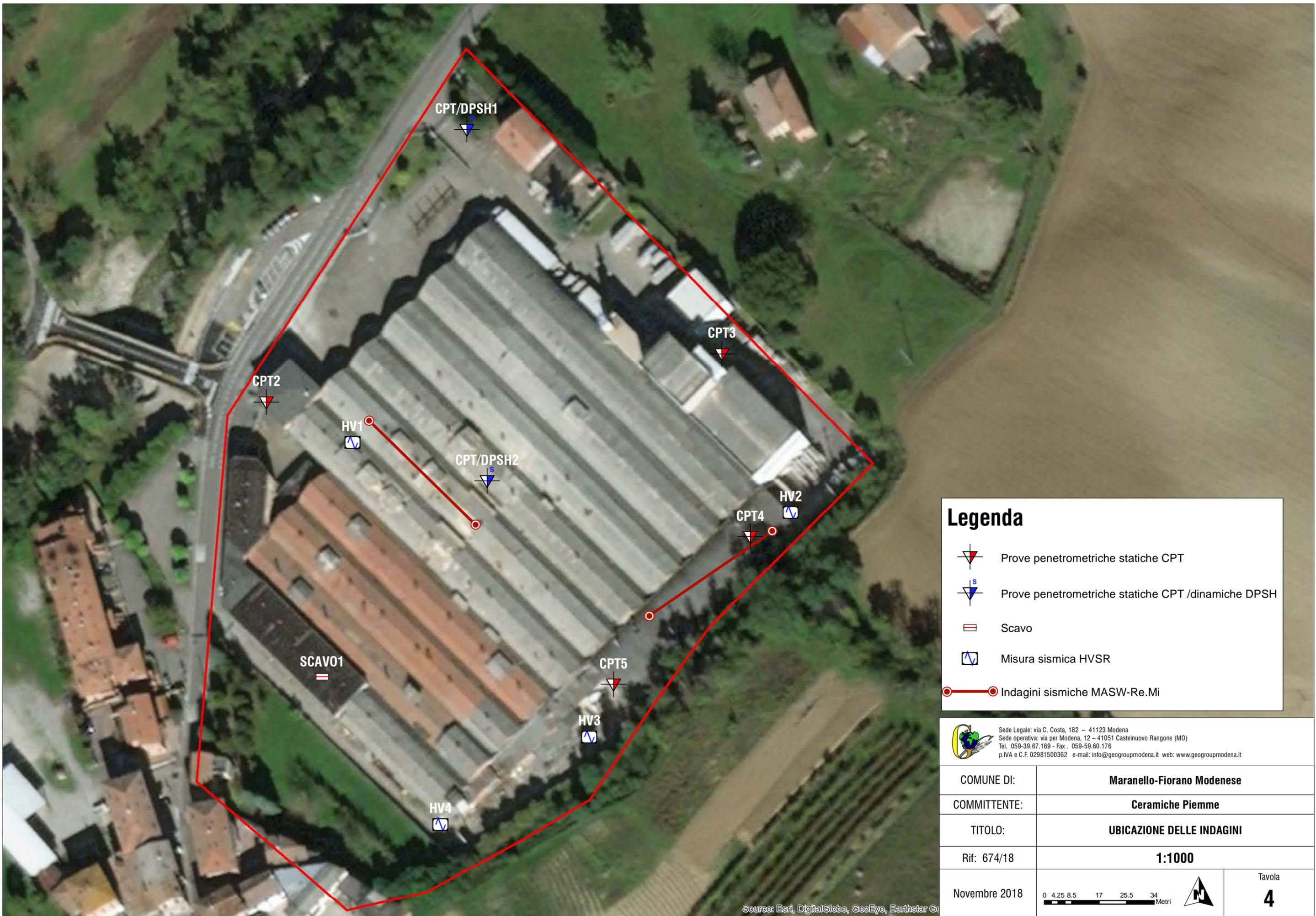
COMUNE DI:	Maranello/Fiorano Modense
COMMITTENTE:	Ceramiche Piemme
TITOLO:	CARTA TOPOGRAFICA
Rif: 674/18	1:5000
Novembre 2018	 
	Tavola 1



 Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO) Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it	
COMUNE DI:	Maranello-Fiorano Modenese
COMMITTENTE:	Ceramiche Piemme
TITOLO:	CARTA TOPOGRAFICA
Rif: 674/18	1:2000
Novembre 2018	  Tavola 2



 Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO) Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it	
COMUNE DI:	Maranello-Fiorano Modenese
COMMITTENTE:	Ceramiche Piemme
TITOLO:	CARTA GEOLOGICA
Rif: 674/18	1:2000
Novembre 2018  	Tavola 3



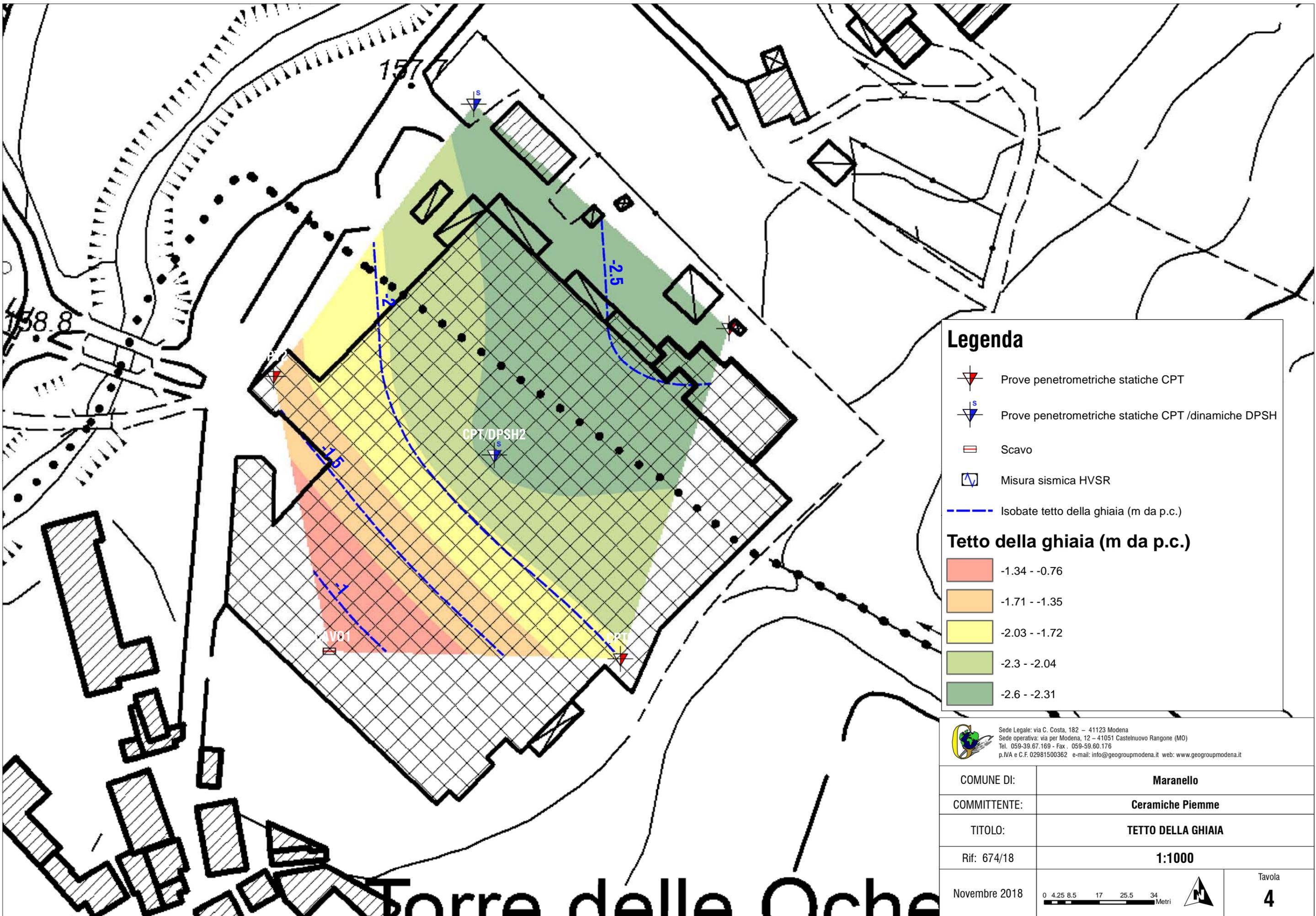
Legenda

- Prove penetrometriche statiche CPT
- Prove penetrometriche statiche CPT /dinamiche DPSH
- Scavo
- Misura sismica HVSR
- Indagini sismiche MASW-Re.Mi

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it

COMUNE DI:	Maranello-Fiorano Modenese	
COMMITTENTE:	Ceramiche Piemme	
TITOLO:	UBICAZIONE DELLE INDAGINI	
Rif: 674/18	1:1000	
Novembre 2018		
		Tavola 4

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Ge...



Legenda

- Prove penetrometriche statiche CPT
- Prove penetrometriche statiche CPT /dinamiche DPSH
- Scavo
- Misura sismica HVSR
- Isobate tetto della ghiaia (m da p.c.)

Tetto della ghiaia (m da p.c.)

- 1.34 - -0.76
- 1.71 - -1.35
- 2.03 - -1.72
- 2.3 - -2.04
- 2.6 - -2.31

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it

COMUNE DI:	Maranello
COMMITTENTE:	Ceramiche Piemme
TITOLO:	TETTO DELLA GHIAIA
Rif: 674/18	1:1000
Novembre 2018	
Tavola 4	

Torre delle Ocche



GEO GROUP Srl



Allegato n.1

Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

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

CPT

1

riferimento

643-2015

certificato n°

6971

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio del terreno di fondazione
Località: Torre delle Oche, Maranello

U.M.: MPa Data eseg.: 21/07/2015
Pagina: 1/4 Data certificato: 22/07/2015
Elaborato: Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	293.00	0									
0.40	16.00	60.00		1.57	40.00	40	2.5								
0.60	44.00	50.00		4.31	267.00	16	6.1								
0.80	90.00	130.00		8.82	180.00	50	2.0								
1.00	23.00	50.00		2.25	80.00	29	3.5								
1.20	8.00	20.00		0.78	47.00	17	5.9								
1.40	10.00	17.00		0.98	40.00	25	4.0								
1.60	7.00	13.00		0.69	33.00	21	4.7								
1.80	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
2.00	7.00	12.00		0.69	87.00	8	12.4								
2.20	46.00	59.00		4.51	147.00	31	3.2								
2.40	128.00	150.00		12.54	200.00	64	1.6								
2.60	150.00	180.00		14.70	333.00	45	2.2								
2.80	130.00	180.00		12.74	333.00	39	2.6								
3.00	150.00	200.00		14.70	133.00	113	0.9								
3.20	380.00	400.00		37.24	0.00	113	0.0								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

1

riferimento

643-2015

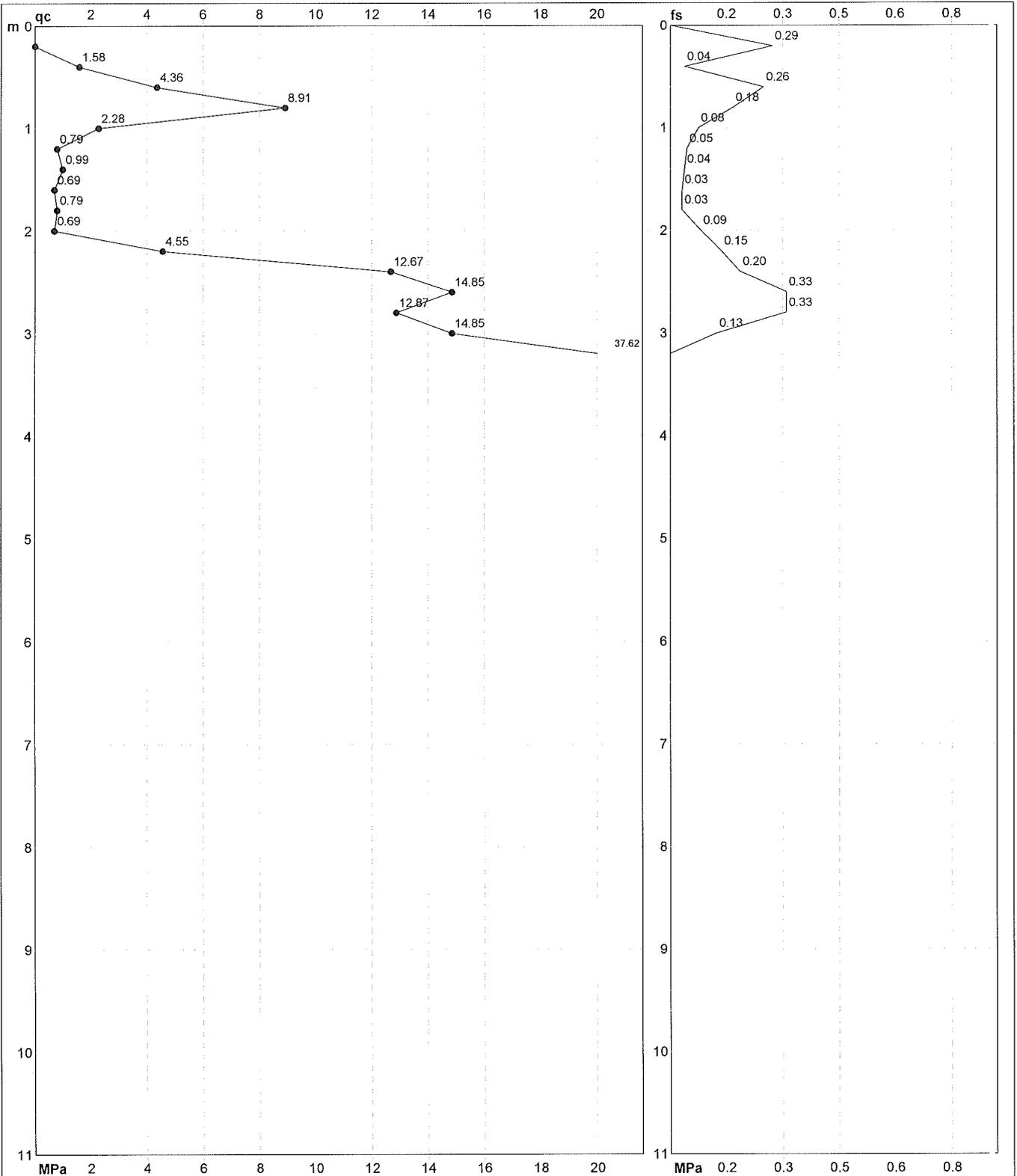
certificato n°

6971

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:55**
Pagina: **2/4**
Elaborato:

Data eseg.: **21/07/2015**
Data certificato: **22/07/2015**
Falda:



Penetrometro: **Pagani TG63-100**
Responsabile:
Assistente:

Preforo: **m**
Corr.astine: **kN/ml**
Corr.astine: **kN/ml**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

riferimento

643-2015

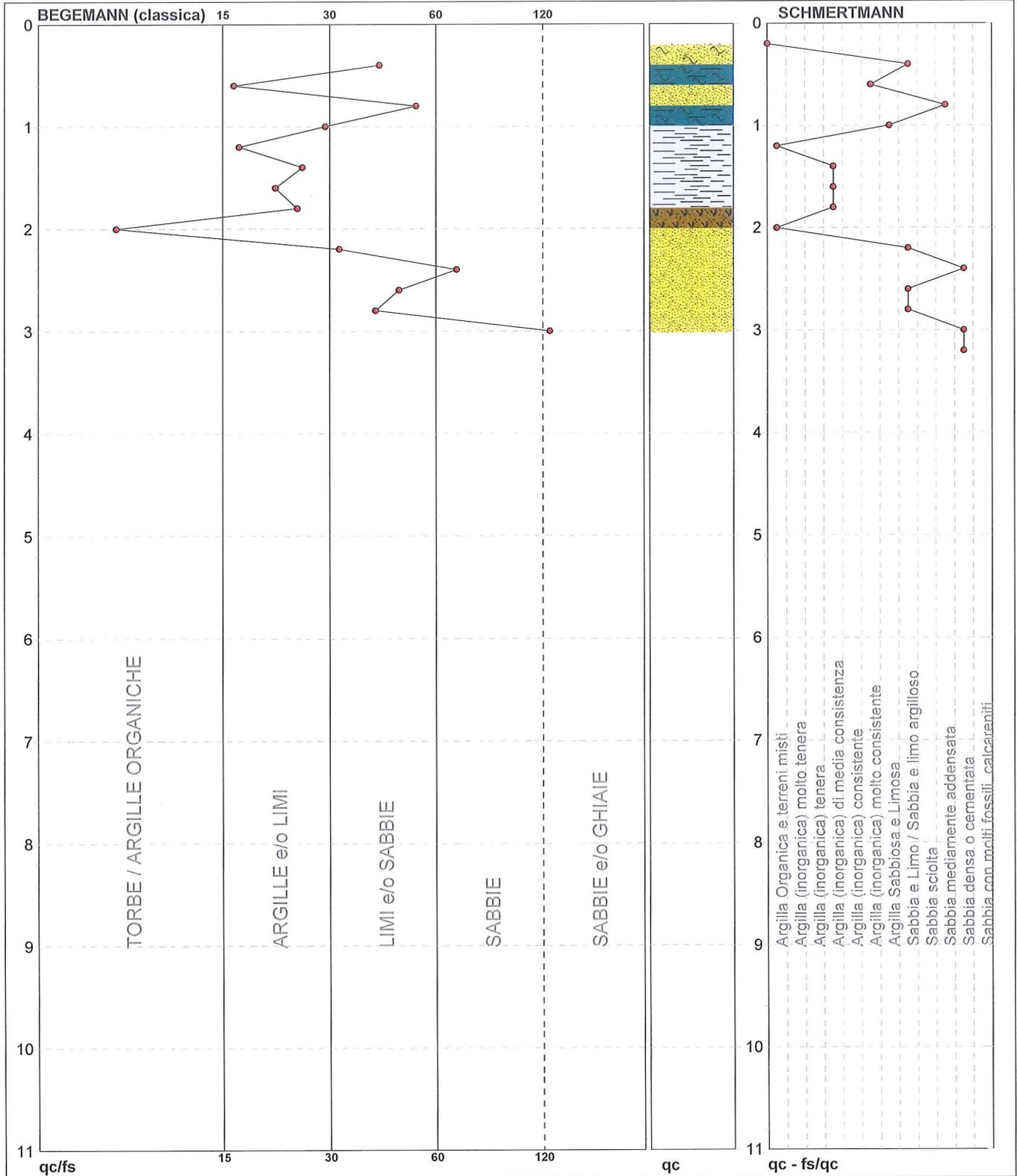
certificato n°

6971

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:55**
Pagina: **3/4**
Elaborato:

Data eseg.: **21/07/2015**
Data certificato: **22/07/2015**
Falda:



Torbe / Argille org. :	42 punti, 77.78%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 3.70%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	1 punti, 1.85%
Argille e/o Limi :	6 punti, 11.11%	Argilla (inorganica) media consist.:	3 punti, 5.56%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 7.41%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 9.26%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1.85%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1.85%
Sabbie:	2 punti, 3.70%			Sabbia densa o cementata:	2 punti, 3.70%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	643-2015
	certificato n°	6972

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data esec.: 21/07/2015
Cantiere: Studio del terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 22/07/2015
Località: Torre delle Oche, Maranello	Elaborato:	Falda:

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	40.00	0									
1.20	6.00	12.00		0.59	47.00	13	7.8								
1.40	10.00	17.00		0.98	133.00	8	13.3								
1.60	180.00	200.00		17.64	200.00	90	1.1								
1.80	200.00	230.00		19.60	333.00	60	1.7								
2.00	400.00	450.00		39.20	0.00	60	0.0								

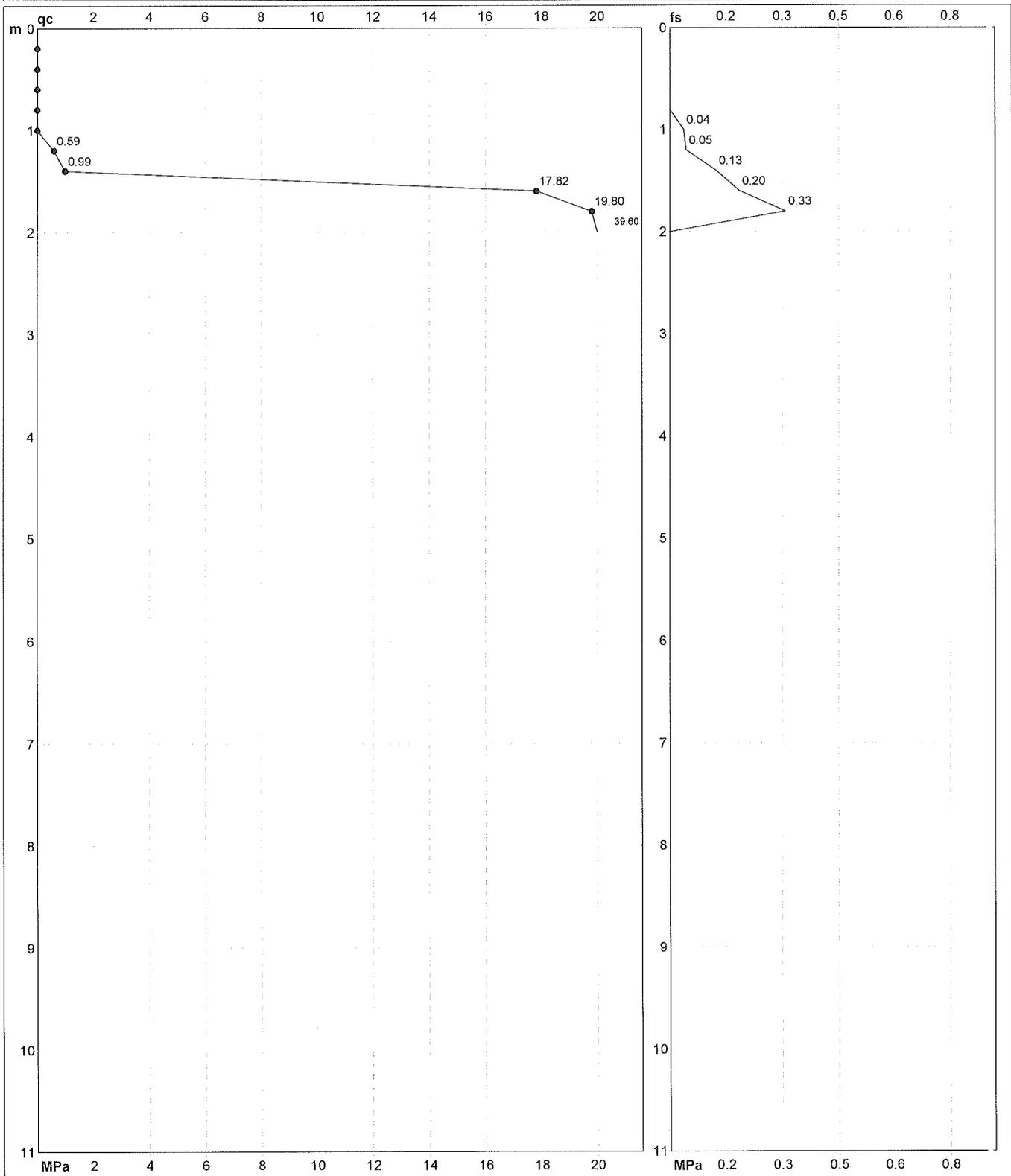
H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
riferimento	643-2015
certificato n°	6972

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 21/07/2015
Cantiere: Studio del terreno di fondazione	Scala: 1:55	Data certificato: 22/07/2015
Località: Torre delle Oche, Maranello	Pagina: 2/4	Falda:
	Elaborato:	



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: -1.00 m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

2

riferimento

643-2015

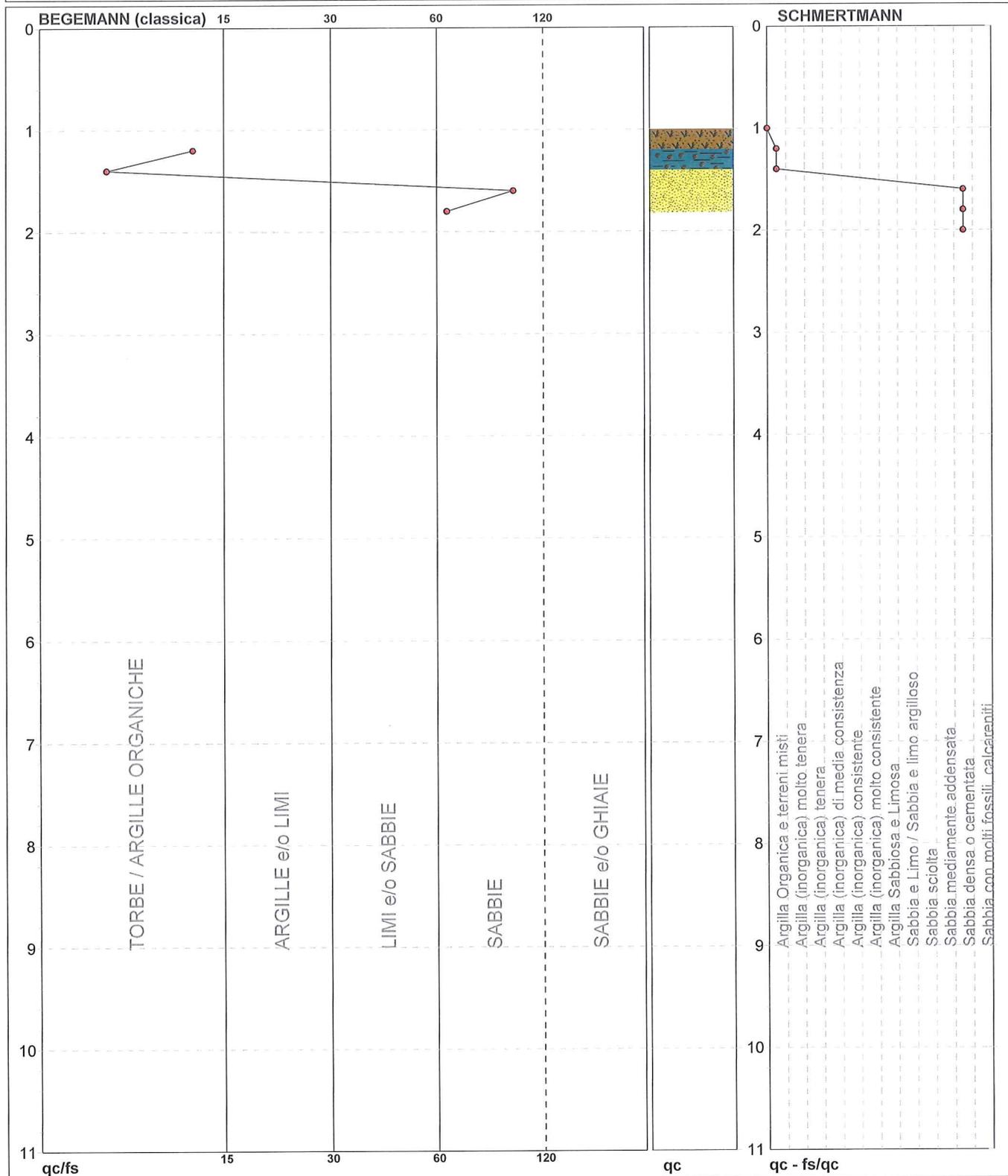
certificato n°

6972

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio del terreno di fondazione
Località: Torre delle Oche, Maranello

U.M.: MPa
Scala: 1:55
Pagina: 3/4
Elaborato:

Data eseg.: 21/07/2015
Data certificato: 22/07/2015
Falda:



Torbe / Argille org. :	53 punti, 98,15%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 3,70%	Sabbia densa o cementata:	2 punti, 3,70%
Sabbie:	2 punti, 3,70%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

3

riferimento

643-2015

certificato n°

6973

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **21/07/2015**
Pagina: **1/4** Data certificato: **22/07/2015**
Elaborato: Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	47.00		0								
1.20	13.00	20.00		1.27	80.00		16	6.2							
1.40	16.00	28.00		1.57	93.00		17	5.8							
1.60	16.00	30.00		1.57	73.00		22	4.6							
1.80	19.00	30.00		1.86	107.00		18	5.6							
2.00	18.00	34.00		1.76	100.00		18	5.6							
2.20	20.00	35.00		1.96	67.00		30	3.4							
2.40	18.00	28.00		1.76	267.00		7	14.8							
2.60	280.00	320.00		27.44	333.00		84	1.2							
2.80	350.00	400.00		34.30											

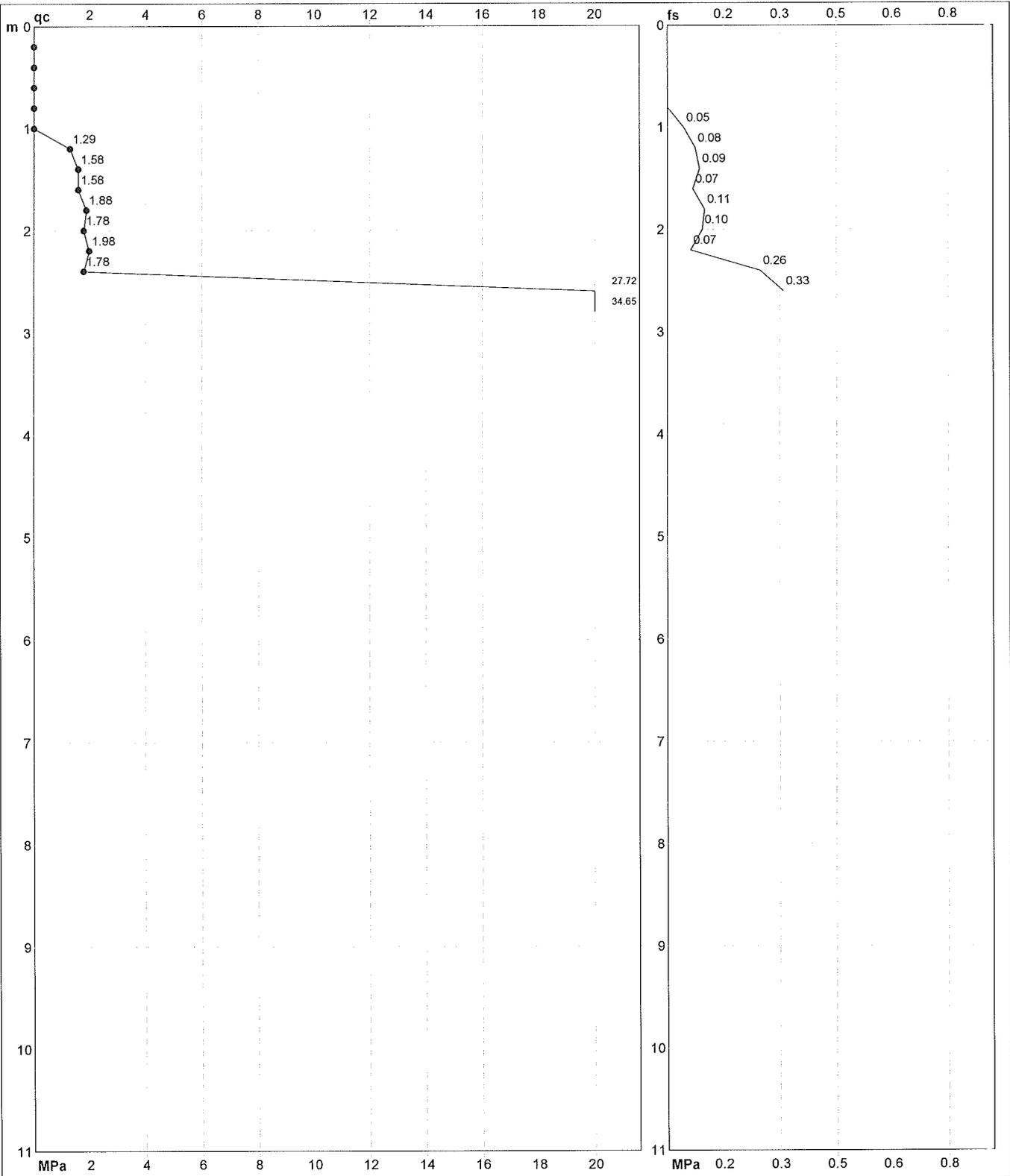
H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
riferimento	643-2015
certificato n°	6973

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 21/07/2015
Cantiere: Studio del terreno di fondazione	Scala: 1:55	Data certificato: 22/07/2015
Località: Torre delle Oche, Maranello	Pagina: 2/4	Falda:
	Elaborato:	



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: -1.00 m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

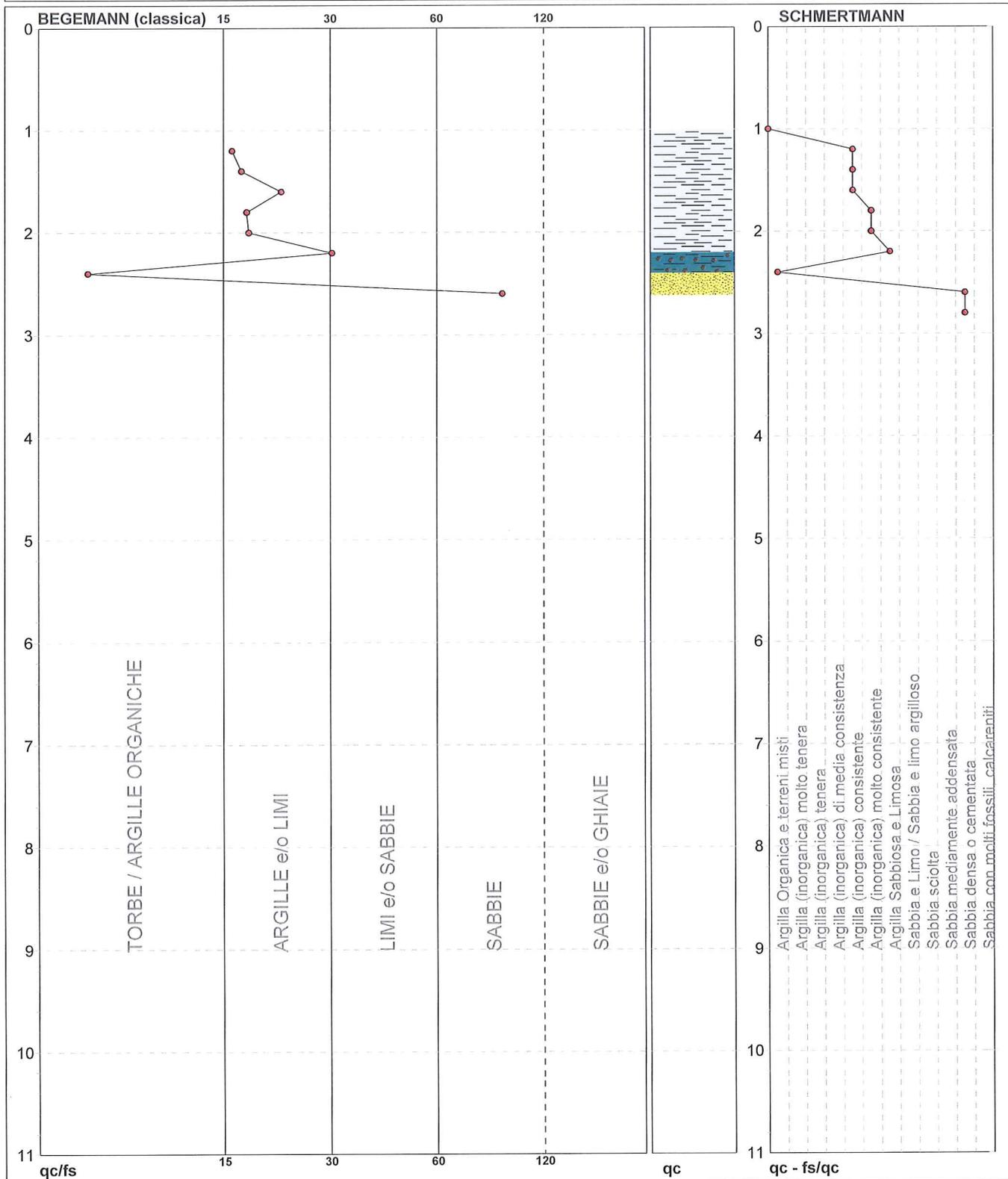
3

riferimento **643-2015**

certificato n° **6973**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **21/07/2015**
Scala: **1:55**
Pagina: **3/4** Data certificato: **22/07/2015**
Elaborato: Falda:



Torbe / Argille org. :	6 punti, 11.11%
Argille e/o Limi :	6 punti, 11.11%
Sabbie:	1 punti, 1.85%

Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 1.85%
Argilla (inorganica) consistente:	3 punti, 5.56%
Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 3.70%

Argilla Sabbiosa e Limosa:	1 punti, 1.85%
Sabbia densa o cementata:	1 punti, 1.85%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

4

riferimento

643-2015

certificato n°

6974

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio del terreno di fondazione
Località: Torre delle Oche, Maranello

U.M.: MPa
Pagina: 1/4
Elaborato:

Data eseg.: 21/07/2015
Data certificato: 22/07/2015
Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	133.00		0								
1.20	33.00	53.00		3.23	220.00		15	6.7							
1.40	33.00	66.00		3.23	220.00		15	6.7							
1.60	39.00	72.00		3.82	227.00		17	5.8							
1.80	37.00	71.00		3.63	167.00		22	4.5							
2.00	41.00	66.00		4.02	240.00		17	5.9							
2.20	40.00	76.00		3.92	293.00		14	7.3							
2.40	31.00	75.00		3.04	127.00		24	4.1							
2.60	38.00	57.00		3.72	193.00		20	5.1							
2.80	41.00	70.00		4.02	213.00		19	5.2							
3.00	44.00	76.00		4.31	220.00		20	5.0							
3.20	30.00	63.00		2.94	173.00		17	5.8							
3.40	38.00	64.00		3.72	240.00		16	6.3							
3.60	30.00	66.00		2.94	227.00		13	7.6							
3.80	41.00	75.00		4.02	233.00		18	5.7							
4.00	58.00	93.00		5.68	233.00		25	4.0							
4.20	70.00	105.00		6.86	180.00		39	2.6							
4.40	75.00	102.00		7.35	233.00		32	3.1							
4.60	75.00	110.00		7.35	333.00		23	4.4							
4.80	70.00	120.00		6.86	233.00		30	3.3							
5.00	80.00	115.00		7.84	260.00		31	3.3							
5.20	60.00	99.00		5.88	273.00		22	4.6							
5.40	74.00	115.00		7.25	267.00		28	3.6							
5.60	65.00	105.00		6.37	333.00		20	5.1							
5.80	60.00	110.00		5.88	300.00		20	5.0							
6.00	70.00	115.00		6.86	220.00		32	3.1							
6.20	50.00	83.00		4.90	260.00		19	5.2							
6.40	33.00	72.00		3.23	200.00		17	6.1							
6.60	30.00	60.00		2.94	333.00		9	11.1							
6.80	70.00	120.00		6.86	467.00		15	6.7							
7.00	80.00	150.00		7.84	667.00		12	8.3							
7.20	130.00	230.00		12.74	567.00		23	4.4							
7.40	120.00	205.00		11.76	600.00		20	5.0							
7.60	150.00	240.00		14.70	667.00		22	4.4							
7.80	130.00	230.00		12.74	667.00		19	5.1							
8.00	140.00	240.00		13.72	527.00		27	3.8							
8.20	140.00	219.00		13.72	533.00		26	3.8							
8.40	140.00	220.00		13.72	667.00		21	4.8							
8.60	150.00	250.00		14.70	667.00		22	4.4							
8.80	130.00	230.00		12.74	633.00		21	4.9							
9.00	140.00	235.00		13.72	600.00		23	4.3							
9.20	140.00	230.00		13.72	600.00		23	4.3							
9.40	150.00	240.00		14.70	633.00		24	4.2							
9.60	140.00	235.00		13.72	567.00		25	4.1							
9.80	155.00	240.00		15.19	467.00		33	3.0							
10.00	160.00	230.00		15.68	633.00		25	4.0							
10.20	155.00	250.00		15.19	667.00		23	4.3							
10.40	160.00	260.00		15.68											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

4

riferimento

643-2015

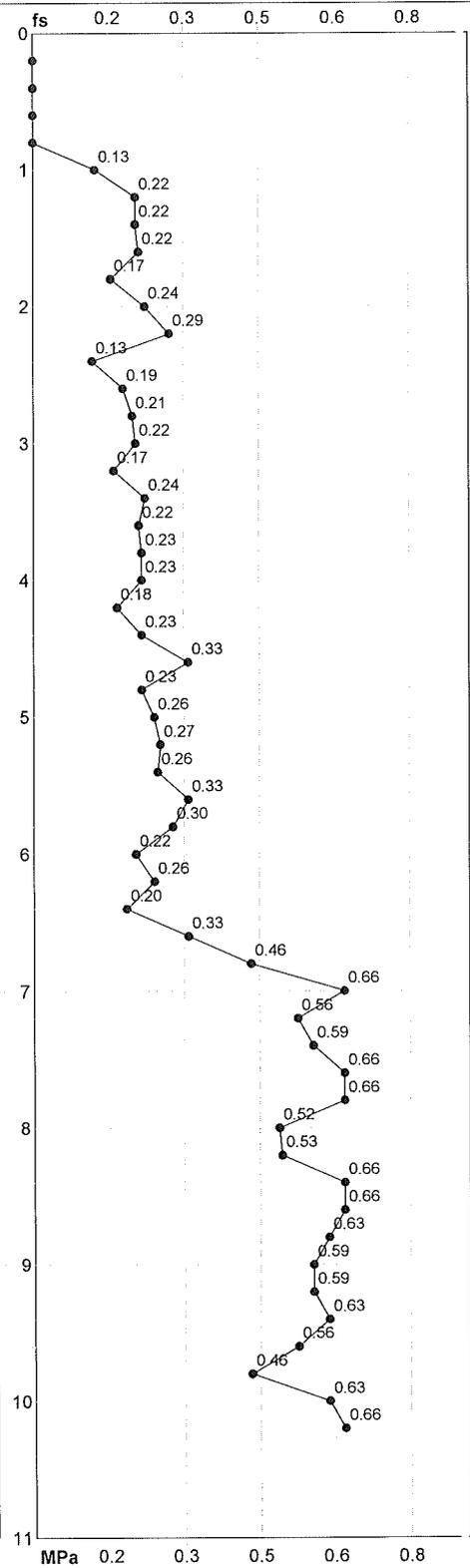
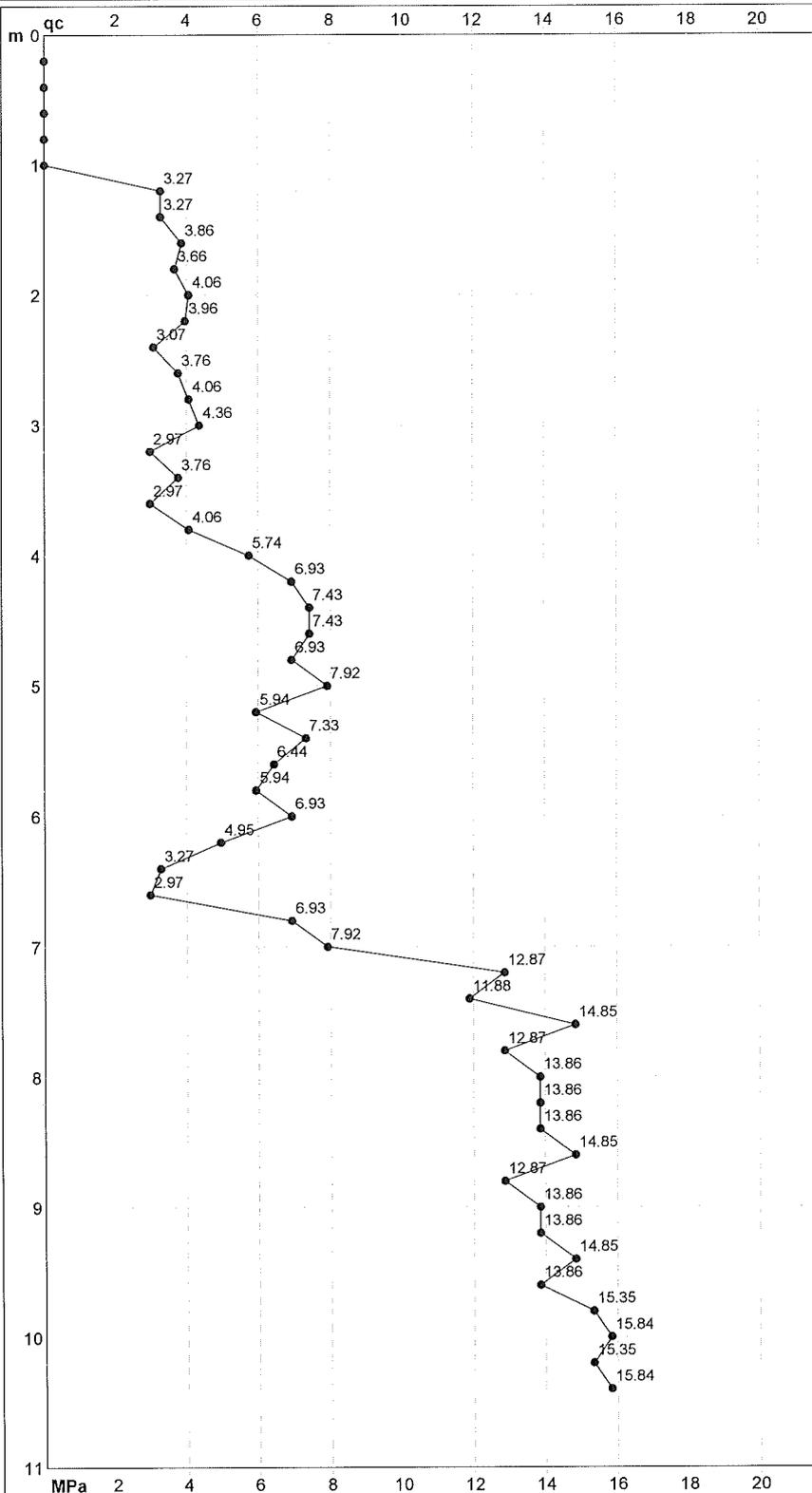
certificato n°

6974

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:55**
Pagina: **2/4**
Elaborato:

Data esec.: **21/07/2015**
Data certificato: **22/07/2015**
Falda:



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: -1.00 m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

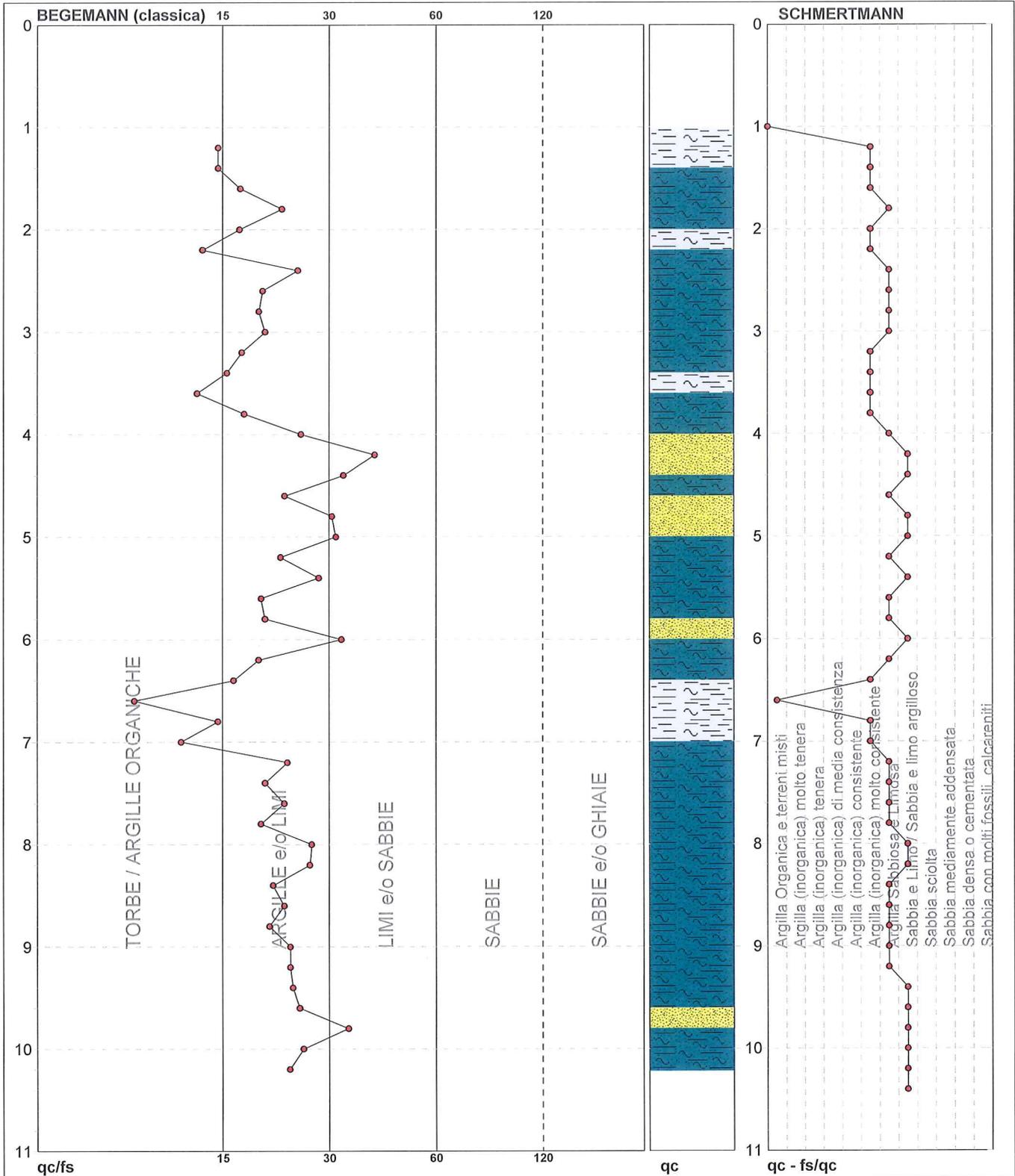
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	4
riferimento	643-2015
certificato n°	6974

Committente: **Studio tecnico**
 Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
 Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **21/07/2015**
 Scala: **1:55**
 Pagina: **3/4** Data certificato: **22/07/2015**
 Elaborato: Falda:



Torbe / Argille org. :	12 punti, 22.22%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 1.85%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	20 punti, 37.04%
Argille e/o Limi :	33 punti, 61.11%	Argilla (inorganica) molto consist.:	12 punti, 22.22%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	13 punti, 24.07%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 11.11%				

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

CPT

5

riferimento **643-2015**

certificato n° **6975**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa** Data esec.: **21/07/2015**
Pagina: **1/4** Data certificato: **22/07/2015**
Elaborato: Falda:

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	80.00	0									
1.20	12.00	24.00		1.18	67.00	18	5.6								
1.40	10.00	20.00		0.98	60.00	17	6.0								
1.60	9.00	18.00		0.88	333.00	3	37.0								
1.80	45.00	95.00		4.41	333.00	14	7.4								
2.00	300.00	350.00		29.40	333.00	90	1.1								
2.20	350.00	400.00		34.30	0.00	90	0.0								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

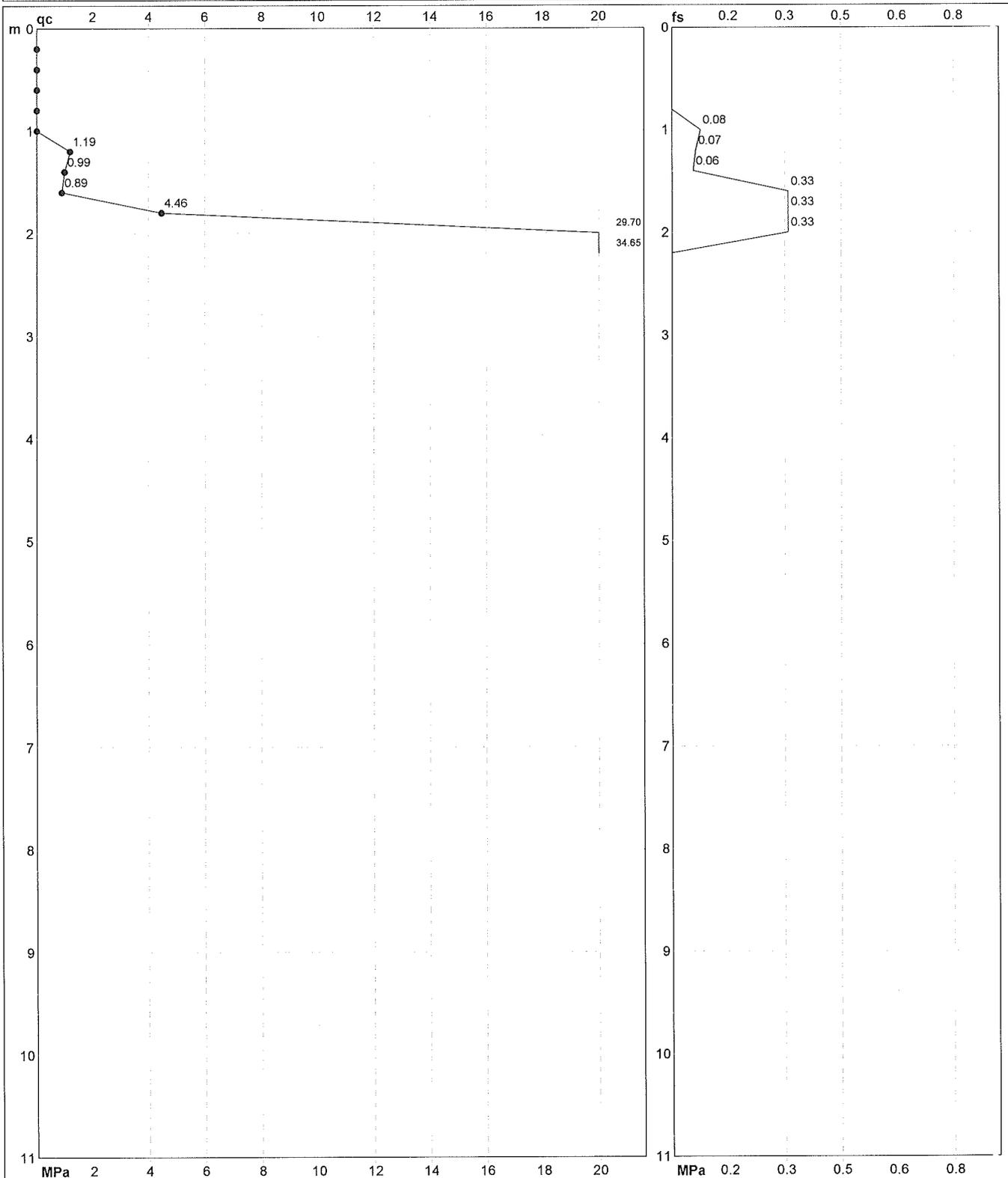
CPT

5

riferimento **643-2015**
certificato n° **6975**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa** Data exec.: **21/07/2015**
Scala: **1:55**
Pagina: **2/4** Data certificato: **22/07/2015**
Elaborato: Falda:



	Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: -1.00 m
	Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
	Assistente:	Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

5

riferimento

643-2015

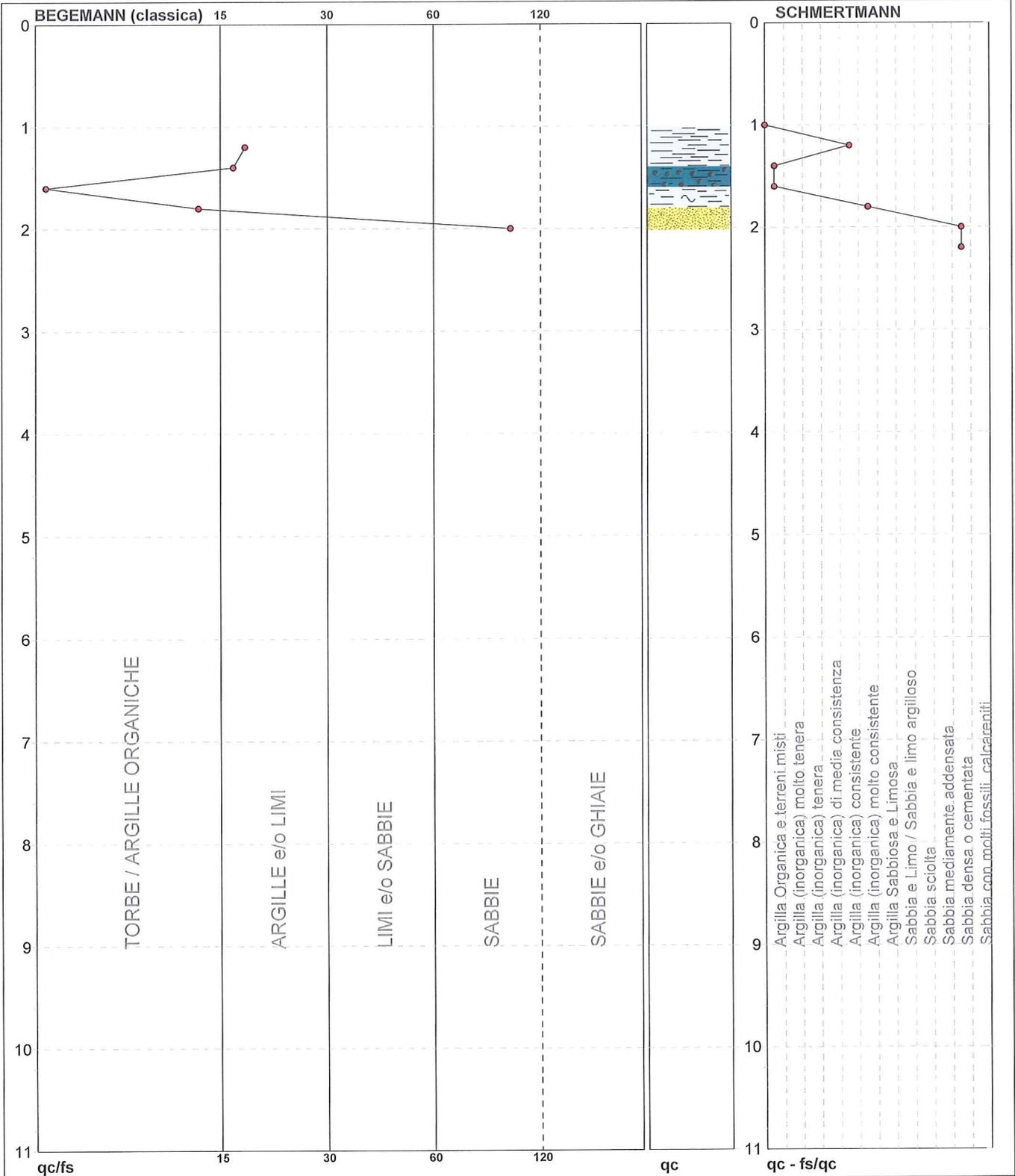
certificato n°

6975

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:55**
Pagina: **3/4**
Elaborato:

Data exec.: **21/07/2015**
Data certificato: **22/07/2015**
Falda:



Torbe / Argille org. : 52 punti, 96.30%
Argille e/o Limi : 2 punti, 3.70%

Sabbie: 1 punti, 1.85%

Argilla Organica e terreni misti: 2 punti, 3.70%
Argilla (inorganica) consistente: 1 punti, 1.85%
Argilla (inorganica) molto consist.: 1 punti, 1.85%

Argilla Sabbiosa e Limosa: 0 punti, 0.00%
Sabbia densa o cementata: 1 punti, 1.85%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

6

riferimento

643-2015

certificato n°

6976

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **21/07/2015**
Pagina: **1/4** Data certificato: **22/07/2015**
Elaborato: Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.20	0.00	0.00		0.00	80.00		0								
1.40	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0								
1.60	12.00	24.00		1.18	73.00	16	6.1								
1.80	9.00	20.00		0.88	200.00	5	22.2								
2.00	35.00	65.00		3.43	200.00	18	5.7								
2.20	30.00	60.00		2.94	200.00	15	6.7								
2.40	180.00	210.00		17.64	200.00	90	1.1								
2.60	120.00	150.00		11.76	80.00	150	0.7								
2.80	12.00	24.00		1.18	333.00	4	27.8								
3.00	250.00	300.00		24.50	333.00	75	1.3								
3.20	350.00	400.00		34.30											

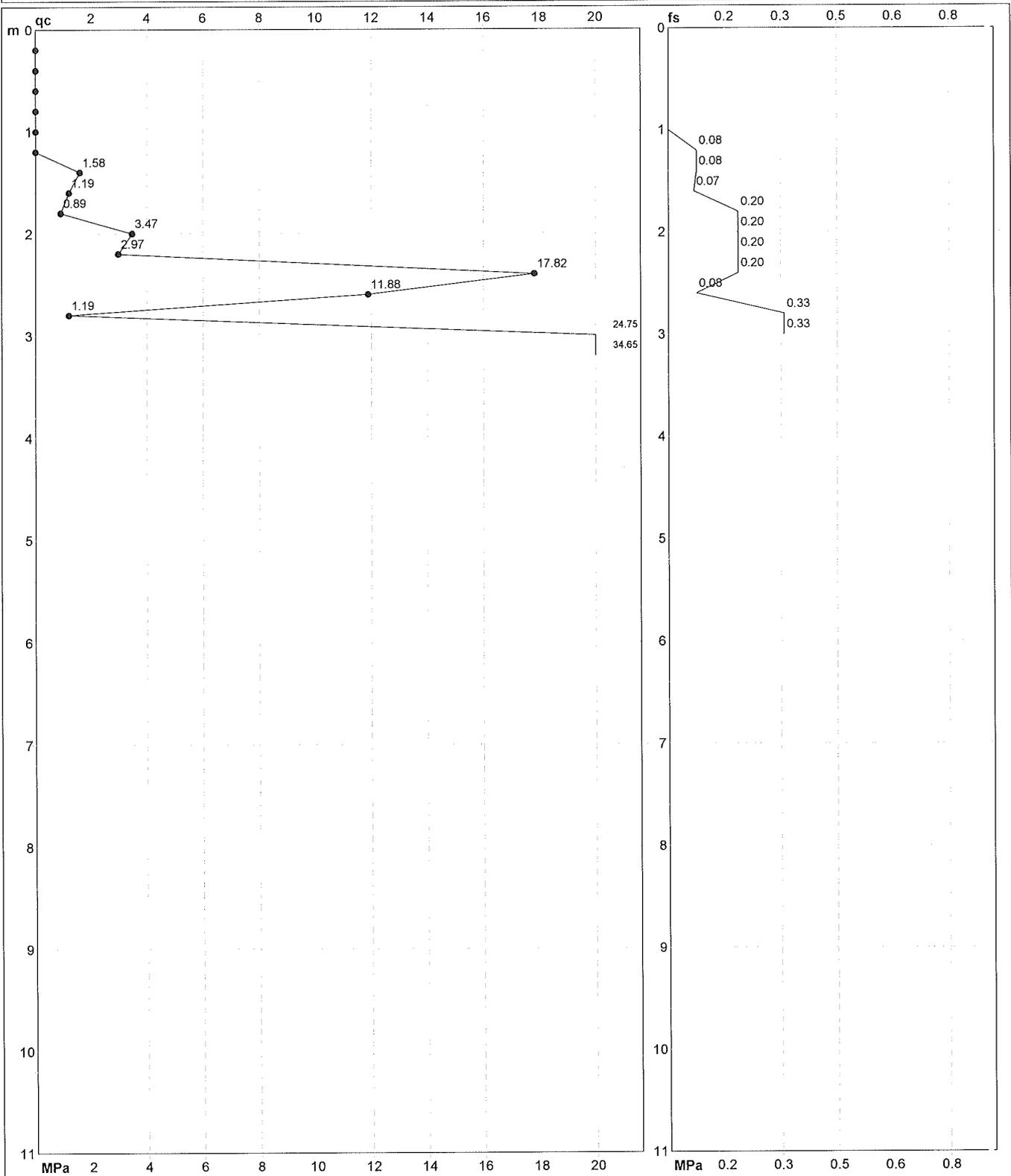
H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	6
riferimento	643-2015
certificato n°	6976

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 21/07/2015
Cantiere: Studio del terreno di fondazione	Scala: 1:55	Qata certificato: 22/07/2015
Località: Torre delle Oche, Maranello	Pagina: 2/4	Falda:
	Elaborato:	



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: -1.00 m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

6

riferimento

643-2015

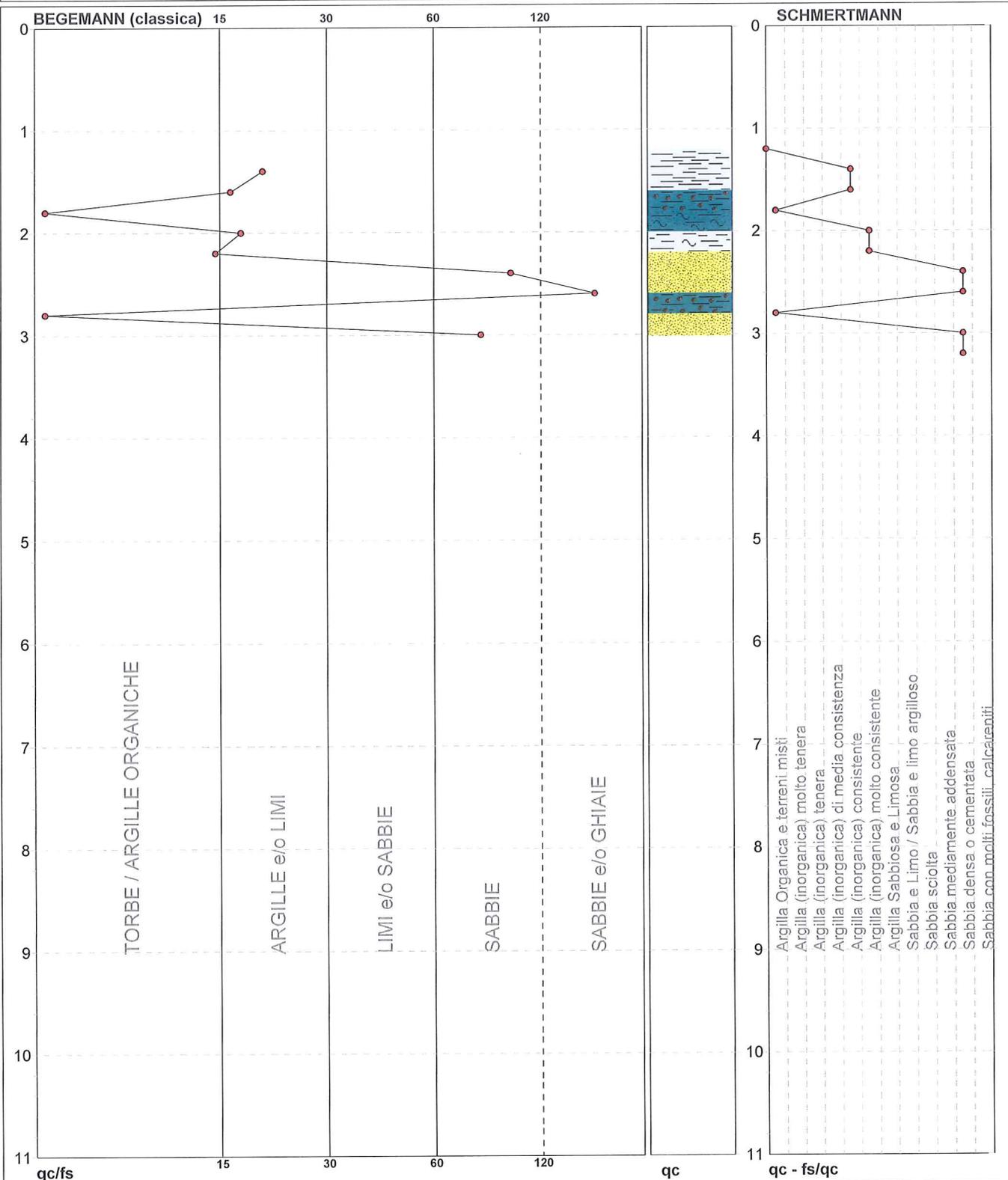
certificato n°

6976

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**
Località: **Torre delle Oche, Maranello**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:55**
Pagina: **3/4**
Elaborato:

Data eseg.: **21/07/2015**
Data certificato: **22/07/2015**
Falda:



Torbe / Argille org. :	9 punti, 16.67%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 3.70%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	0 punti, 0.00%
Argille e/o Limi :	3 punti, 5.56%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 3.70%	Sabbia densa o cementata:	3 punti, 5.56%
Sabbie:	2 punti, 3.70%	Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 3.70%		
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1.85%				

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
Pagani TG63-100 -

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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



GEO GROUP Srl



Allegato n.2

Prove penetrometriche dinamiche DPSH

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

MASSA BATTENTE	M = 63.50 kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.75 m	
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 8.00 kg	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50.50 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 0.0020 m ²	
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1.00 m	
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 6.30 kg	
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0.80 m	
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.20$ m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm	
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI	
RENDIMENTO SPECIFICO x COLPOQ	$= (MH)/(A\delta) = 1.14$ MPa	(prova SPT : Qspt = 0.77 MPa)
COEFF. TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.491$	(teoricamente : Nspt = $\beta_t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = massa battente (altezza caduta H)
P = massa totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm ² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar = 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Studio tecnico
 - lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
 - località : Torre delle Oche - Maranello
 - sperimentatore : Dott. Geol. Stefani Vigni

- data prova : 23/07/2015
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/07/2015
 - pagina n° : 1.1

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0.00 - 0.20	6	5.6	1	6.60 - 6.80	12	7.5	7
0.20 - 0.40	6	5.6	1	6.80 - 7.00	13	7.7	8
0.40 - 0.60	6	5.6	1	7.00 - 7.20	13	7.7	8
0.60 - 0.80	4	3.7	1	7.20 - 7.40	13	7.7	8
0.80 - 1.00	3	2.6	2	7.40 - 7.60	14	8.3	8
1.00 - 1.20	2	1.7	2	7.60 - 7.80	14	8.3	8
1.20 - 1.40	2	1.7	2	7.80 - 8.00	16	9.1	9
1.40 - 1.60	1	0.9	2	8.00 - 8.20	17	9.6	9
1.60 - 1.80	2	1.7	2	8.20 - 8.40	17	9.6	9
1.80 - 2.00	4	3.2	3	8.40 - 8.60	16	9.1	9
2.00 - 2.20	5	4.0	3	8.60 - 8.80	13	7.4	9
2.20 - 2.40	8	6.4	3	8.80 - 9.00	12	6.5	10
2.40 - 2.60	7	5.6	3	9.00 - 9.20	13	7.0	10
2.60 - 2.80	12	9.6	3	9.20 - 9.40	16	8.6	10
2.80 - 3.00	13	9.8	4	9.40 - 9.60	16	8.6	10
3.00 - 3.20	12	9.0	4	9.60 - 9.80	16	8.6	10
3.20 - 3.40	18	13.5	4	9.80 - 10.00	15	7.7	11
3.40 - 3.60	7	5.3	4	10.00 - 10.20	16	8.3	11
3.60 - 3.80	7	5.3	4	10.20 - 10.40	16	8.3	11
3.80 - 4.00	7	4.9	5	10.40 - 10.60	19	9.8	11
4.00 - 4.20	7	4.9	5	10.60 - 10.80	17	8.8	11
4.20 - 4.40	8	5.6	5	10.80 - 11.00	17	8.4	12
4.40 - 4.60	14	9.9	5	11.00 - 11.20	18	8.9	12
4.60 - 4.80	11	7.8	5	11.20 - 11.40	17	8.4	12
4.80 - 5.00	8	5.3	6	11.40 - 11.60	17	8.4	12
5.00 - 5.20	9	6.0	6	11.60 - 11.80	16	7.9	12
5.20 - 5.40	9	6.0	6	11.80 - 12.00	16	7.6	13
5.40 - 5.60	11	7.3	6	12.00 - 12.20	16	7.6	13
5.60 - 5.80	11	7.3	6	12.20 - 12.40	17	8.1	13
5.80 - 6.00	10	6.3	7	12.40 - 12.60	18	8.5	13
6.00 - 6.20	13	8.2	7	12.60 - 12.80	19	9.0	13
6.20 - 6.40	13	8.2	7	12.80 - 13.00	20	9.1	14
6.40 - 6.60	13	8.2	7				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63.50 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **0.0020 m²** - D(diam. punta)= **50.50 mm**- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 100

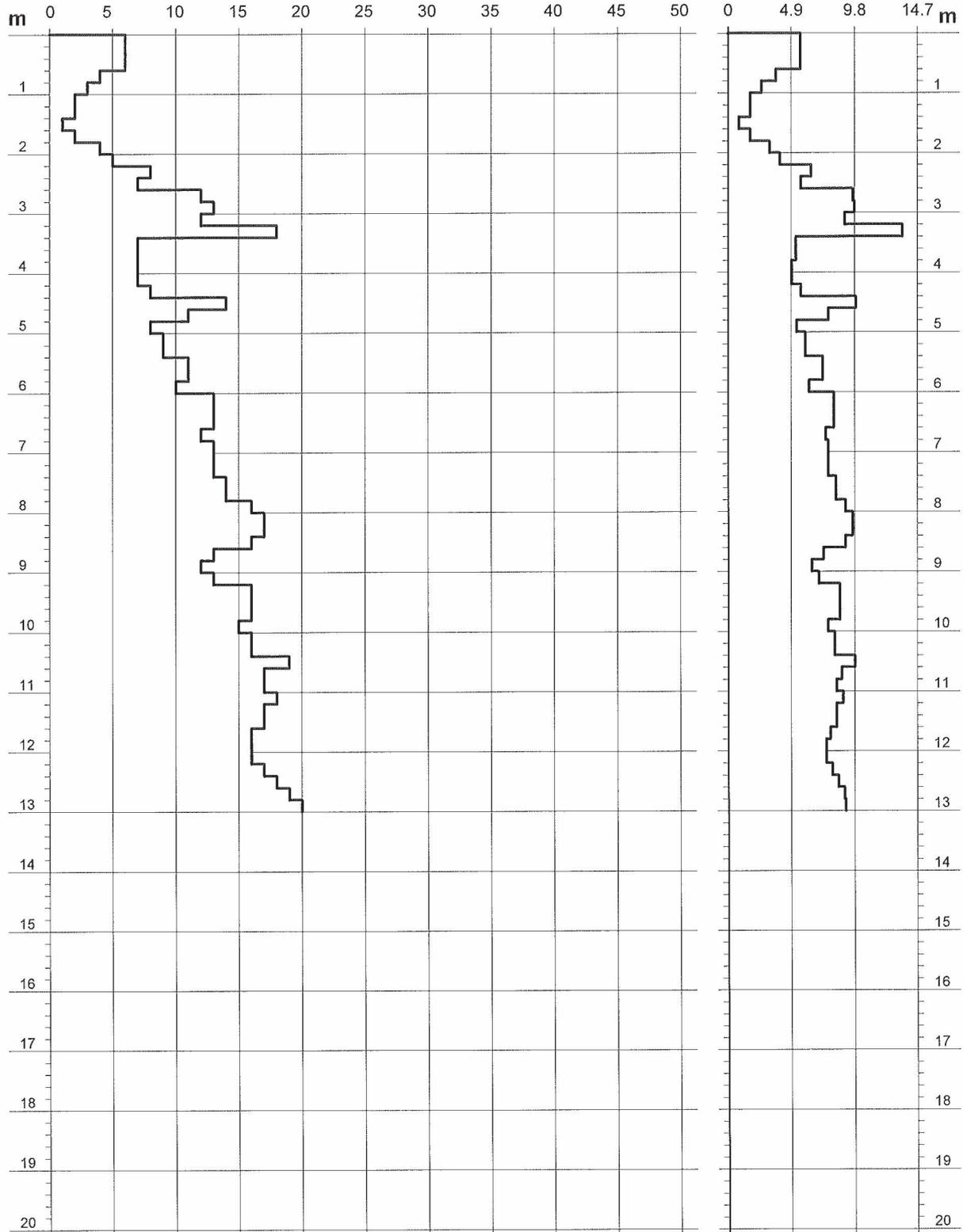
- committente : Studio tecnico
 - lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
 - località : Torre delle Oche - Maranello
 - sperimentatore : Dott. Geol. Stefani Vigni

- data prova : 23/07/2015
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/07/2015
 - pagina n°: 1.2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 0.20$ m

Rpd (MPa)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Studio tecnico
 - lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
 - località : Torre delle Oche - Maranello
 - sperimentatore : Dott. Geol. Stefano Vigni

- data prova : 23/07/2015
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/07/2015
 - pagina n°: 1.3

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	6.0	6	6	6.0	----	----	----	6	1.49	9
			Rpd	5.61	5.61	5.61	5.61	----	----	----	57		
2	0.60	1.00	N	0.34	0.29	0.39	0.32	----	----	----	4	1.49	6
			Rpd	3.17	2.59	3.73	2.88	----	----	----	37		
3	1.00	1.80	N	0.18	0.10	0.20	0.14	----	----	----	2	1.49	3
			Rpd	1.51	0.86	1.72	1.19	----	----	----	17		
4	1.80	2.20	N	0.44	0.39	0.49	0.42	----	----	----	4	1.49	6
			Rpd	3.62	3.21	4.02	3.41	----	----	----	33		
5	2.20	2.60	N	0.74	0.69	0.78	0.72	----	----	----	8	1.49	12
			Rpd	6.03	5.63	6.43	5.82	----	----	----	66		
6	2.60	3.40	N	1.35	1.18	1.76	1.26	----	----	----	14	1.49	21
			Rpd	10.49	9.02	13.52	9.75	----	----	----	109		
7	3.40	4.20	N	0.69	0.69	0.69	0.69	----	----	----	7	1.49	10
			Rpd	5.10	4.94	5.26	5.02	----	----	----	52		
8	4.20	4.80	N	1.08	0.78	1.37	0.93	----	----	----	11	1.49	16
			Rpd	7.76	5.64	9.87	6.70	----	----	----	79		
9	4.80	6.00	N	0.95	0.78	1.08	0.86	0.12	0.83	1.07	10	1.49	15
			Rpd	6.36	5.32	7.31	5.84	0.79	5.57	7.16	67		
10	6.00	7.80	N	1.28	1.18	1.37	1.23	0.06	1.23	1.34	13	1.49	19
			Rpd	8.00	7.54	8.34	7.77	0.30	7.69	8.30	81		
11	7.80	8.60	N	1.62	1.57	1.67	1.60	----	----	----	16	1.49	24
			Rpd	9.35	9.07	9.63	9.21	----	----	----	93		
12	8.60	9.20	N	1.24	1.18	1.27	1.21	----	----	----	13	1.49	19
			Rpd	6.96	6.48	7.37	6.72	----	----	----	73		
13	9.20	13.00	N	1.66	1.47	1.96	1.57	0.13	1.53	1.79	17	1.49	25
			Rpd	8.45	7.58	9.80	8.02	0.56	7.90	9.01	87		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1.49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

- committente : Studio tecnico
 - lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
 - località : Torre delle Oche - Maranello
 - sperimentatore : Dott. Geol. Stefano Vigni

- data prova : 23/07/2015
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/07/2015
 - pagina n°: 1.4

- note :

n°	H		NATURA GRANULARE								NATURA COESIVA				Q	Litologia
			Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e		
1	0.00	0.60	9	79	6.57	31	29	25.48	1.92	1.48	54.88	1.89	34.0	0.918	280.28	
2	0.60	1.00	6	89	4.90	21	28	23.23	1.89	1.43	37.24	1.85	37.0	1.000	181.30	
3	1.00	1.80	3	88	2.94	11	27	20.97	1.86	1.38	18.62	1.78	44.2	1.194	84.28	
4	1.80	2.20	6	107	4.90	21	28	23.23	1.89	1.43	37.24	1.85	37.0	1.000	160.72	
5	2.20	2.60	12	125	8.13	38	30	27.73	1.94	1.52	73.50	1.92	31.2	0.842	321.44	
6	2.60	3.40	21	143	12.35	51	33	34.59	2.00	1.60	128.38	2.03	24.0	0.648	532.14	
7	3.40	4.20	10	132	7.15	35	30	26.26	1.93	1.50	61.74	1.90	33.0	0.892	254.80	
8	4.20	4.80	16	148	10.09	44	31	30.77	1.97	1.55	98.00	1.97	27.8	0.750	388.08	
9	4.80	6.00	15	151	9.60	42	31	29.99	1.96	1.54	92.12	1.96	28.6	0.773	328.30	
10	6.00	7.80	19	165	11.47	48	32	33.03	1.98	1.58	116.62	2.01	25.5	0.687	396.90	
11	7.80	8.60	24	178	13.62	56	34	36.85	2.01	1.63	147.00	2.07	21.9	0.591	453.74	
12	8.60	9.20	19	174	11.47	48	32	33.03	1.98	1.58	116.62	2.01	25.5	0.687	356.72	
13	9.20	13.00	25	190	14.01	57	34	37.63	2.02	1.64	152.88	2.08	21.2	0.574	425.32	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 2

- committente : Studio tecnico
- lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
- località : Torre delle Oche - Maranello
- sperimentatore : Dott. Geol. Stefano Vigni

- data prova : 23/07/2015
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 23/07/2015
- pagina n°: 2.1

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0.00 - 0.20	----	----	1	4.00 - 4.20	8	5.6	5
0.20 - 0.40	----	----	1	4.20 - 4.40	10	7.1	5
0.40 - 0.60	----	----	1	4.40 - 4.60	9	6.3	5
0.60 - 0.80	----	----	1	4.60 - 4.80	9	6.3	5
0.80 - 1.00	----	----	2	4.80 - 5.00	9	6.0	6
1.00 - 1.20	----	----	2	5.00 - 5.20	9	6.0	6
1.20 - 1.40	----	----	2	5.20 - 5.40	9	6.0	6
1.40 - 1.60	----	----	2	5.40 - 5.60	8	5.3	6
1.60 - 1.80	----	----	2	5.60 - 5.80	8	5.3	6
1.80 - 2.00	----	----	3	5.80 - 6.00	8	5.0	7
2.00 - 2.20	1	0.8	3	6.00 - 6.20	9	5.7	7
2.20 - 2.40	2	1.6	3	6.20 - 6.40	10	6.3	7
2.40 - 2.60	4	3.2	3	6.40 - 6.60	12	7.5	7
2.60 - 2.80	7	5.6	3	6.60 - 6.80	13	8.2	7
2.80 - 3.00	3	2.3	4	6.80 - 7.00	13	7.7	8
3.00 - 3.20	26	19.5	4	7.00 - 7.20	13	7.7	8
3.20 - 3.40	31	23.3	4	7.20 - 7.40	13	7.7	8
3.40 - 3.60	16	12.0	4	7.40 - 7.60	13	7.7	8
3.60 - 3.80	23	17.3	4	7.60 - 7.80	14	8.3	8
3.80 - 4.00	14	9.9	5				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63.50 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **0.0020 m²** - D(diam. punta)= **50.50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

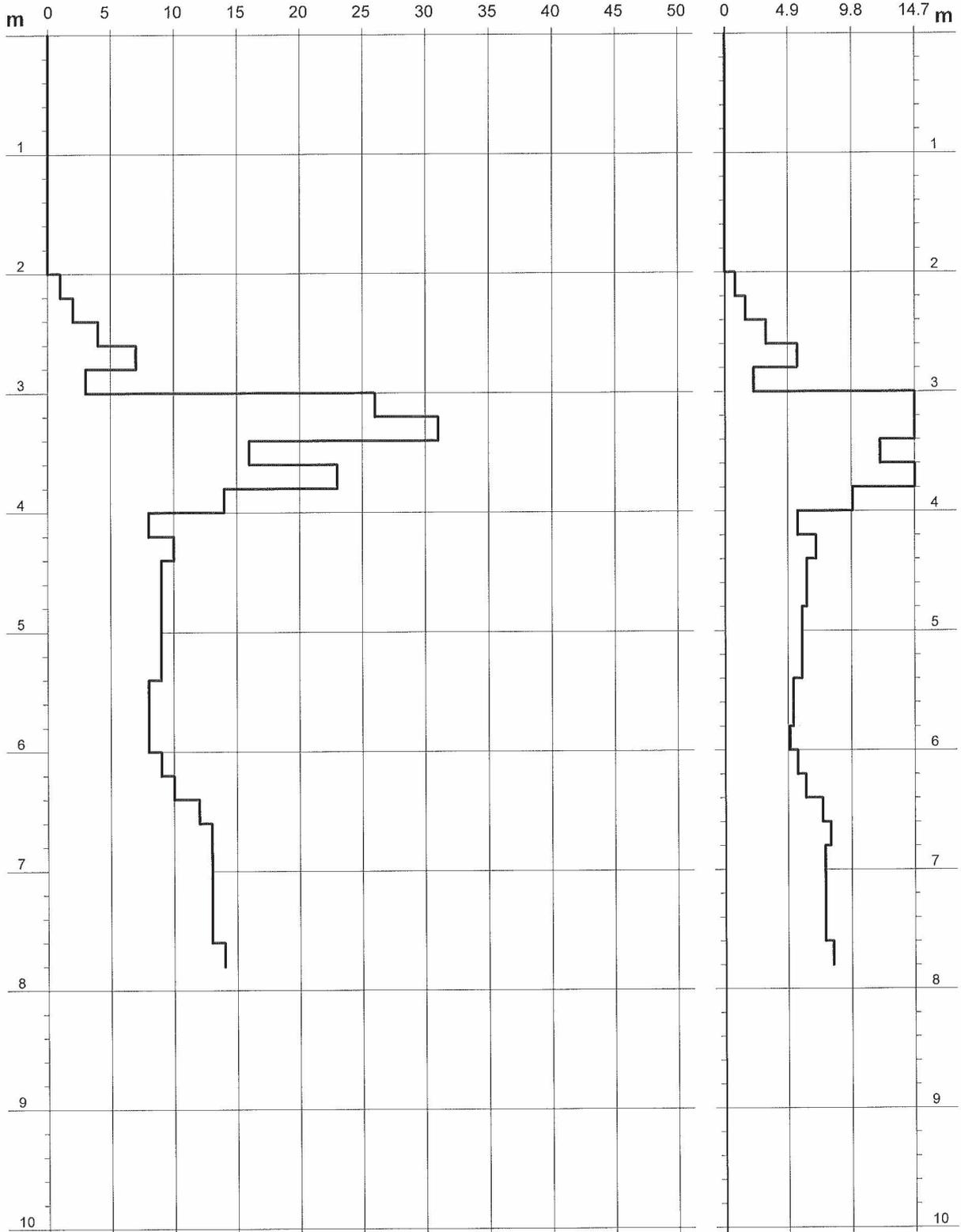
- committente : Studio tecnico
 - lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
 - località : Torre delle Oche - Maranello
 - sperimentatore : Dott. Geol. Stefano Vigni

- data prova : 23/07/2015
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/07/2015
 - pagina n° : 2.2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 0.20$ m

Rpd (MPa)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 100

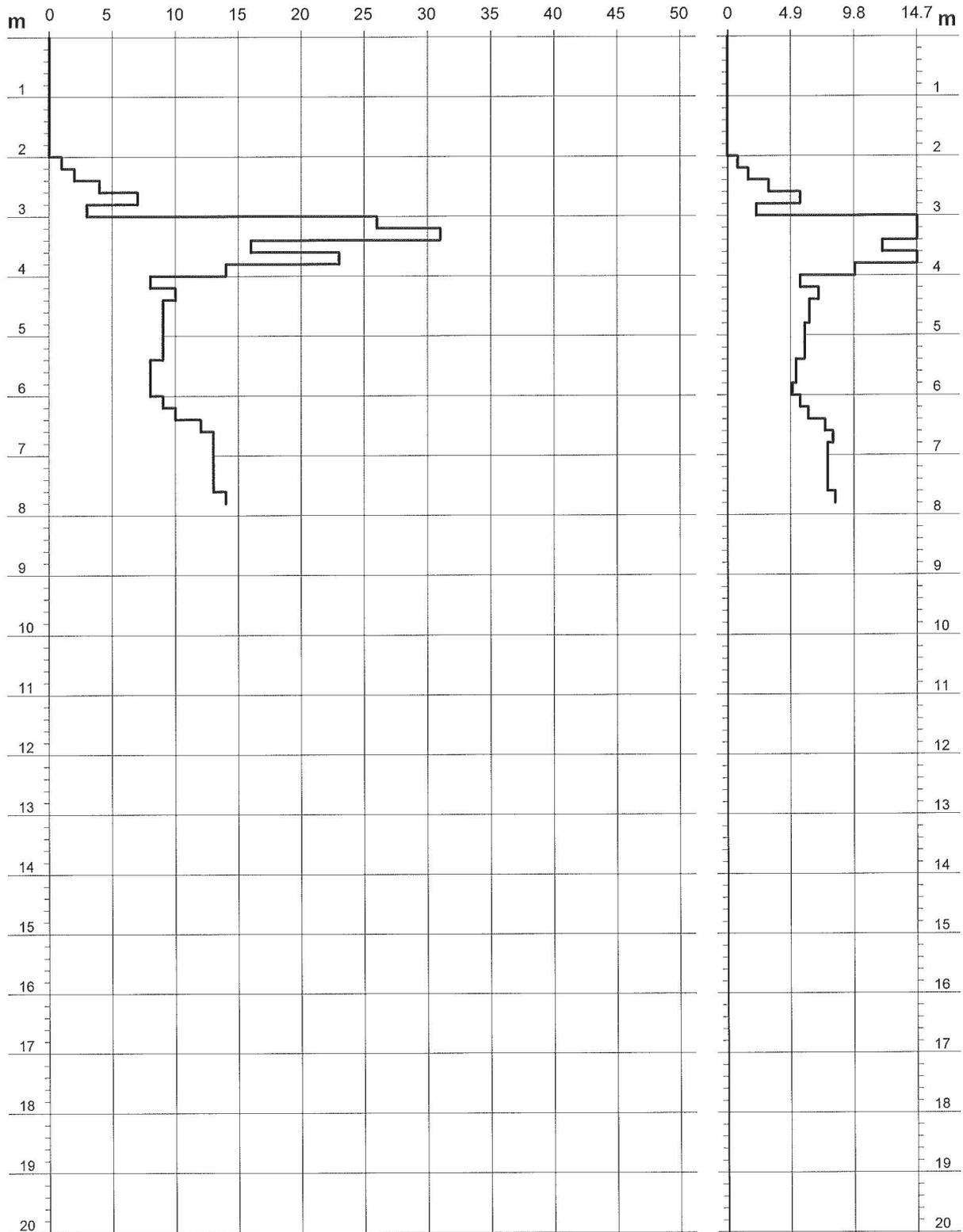
- committente : Studio tecnico
- lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
- località : Torre delle Oche - Maranello
- sperimentatore : Dott. Geol. Stefano Vigni

- data prova : 23/07/2015
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 23/07/2015
- pagina n°: 2.2 bis

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 0.20$ m

Rpd (MPa)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Studio tecnico
 - lavoro : Nuovo P.U.A. Ex Piemme
 - località : Torre delle Oche - Maranello
 - sperimentatore : Dott. Geol. Stefano Vigni

- data prova : 23/07/2015
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/07/2015
 - pagina n° : 2.3

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	2.00	N	0.0	0	0	0.0	----	----	----	0	1.49	0
			Rpd	0.00	0.00	0.00	0.00	----	----	----	0		
2	2.00	2.40	N	0.15	0.10	0.20	0.13	----	----	----	2	1.49	3
			Rpd	1.21	0.80	1.61	1.00	----	----	----	16		
3	2.40	2.80	N	0.54	0.39	0.69	0.47	----	----	----	6	1.49	9
			Rpd	4.42	3.21	5.63	3.81	----	----	----	49		
4	2.80	3.00	N	0.29	0.29	0.29	0.29	----	----	----	3	1.49	4
			Rpd	2.25	2.25	2.25	2.25	----	----	----	23		
5	3.00	4.00	N	2.16	1.37	3.04	1.76	----	----	----	22	1.49	33
			Rpd	16.40	9.87	23.28	13.13	----	----	----	167		
6	4.00	6.40	N	0.86	0.78	0.98	0.82	0.07	0.79	0.94	9	1.49	13
			Rpd	5.91	5.03	7.06	5.47	0.56	5.35	6.47	62		
7	6.40	7.80	N	1.27	1.18	1.37	1.23	0.06	1.22	1.33	13	1.49	19
			Rpd	7.86	7.54	8.34	7.70	0.28	7.58	8.14	80		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1.49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	H		NATURA GRANULARE						NATURA COESIVA				Q	Litologia		
			Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat			W	e
1	0.00	2.00	----	----	----	----	26	18.72	1.83	1.33	----	1.60	67.9	1.833	----	
2	2.00	2.40	3	96	2.94	11	27	20.97	1.86	1.38	18.62	1.78	44.2	1.194	80.36	
3	2.40	2.80	9	120	6.57	31	29	25.48	1.92	1.48	54.88	1.89	34.0	0.918	241.08	
4	2.80	3.00	4	107	3.63	15	27	21.76	1.87	1.39	24.50	1.80	41.7	1.125	112.70	
5	3.00	4.00	33	160	17.15	68	36	43.61	2.07	1.71	201.88	2.18	16.4	0.444	820.26	
6	4.00	6.40	13	147	8.62	39	30	28.52	1.95	1.53	79.38	1.93	30.3	0.818	302.82	
7	6.40	7.80	19	166	11.47	48	32	33.03	1.98	1.58	116.62	2.01	25.5	0.687	392.98	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) = $[Rpd/Chi]$ [$15 > Chi > 20$] capacità portante Sanglerat 1972



GEO GROUP Srl



Allegato n.3

Indagini geofisiche

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362
e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it



GEO GROUP S.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA MASW 1

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

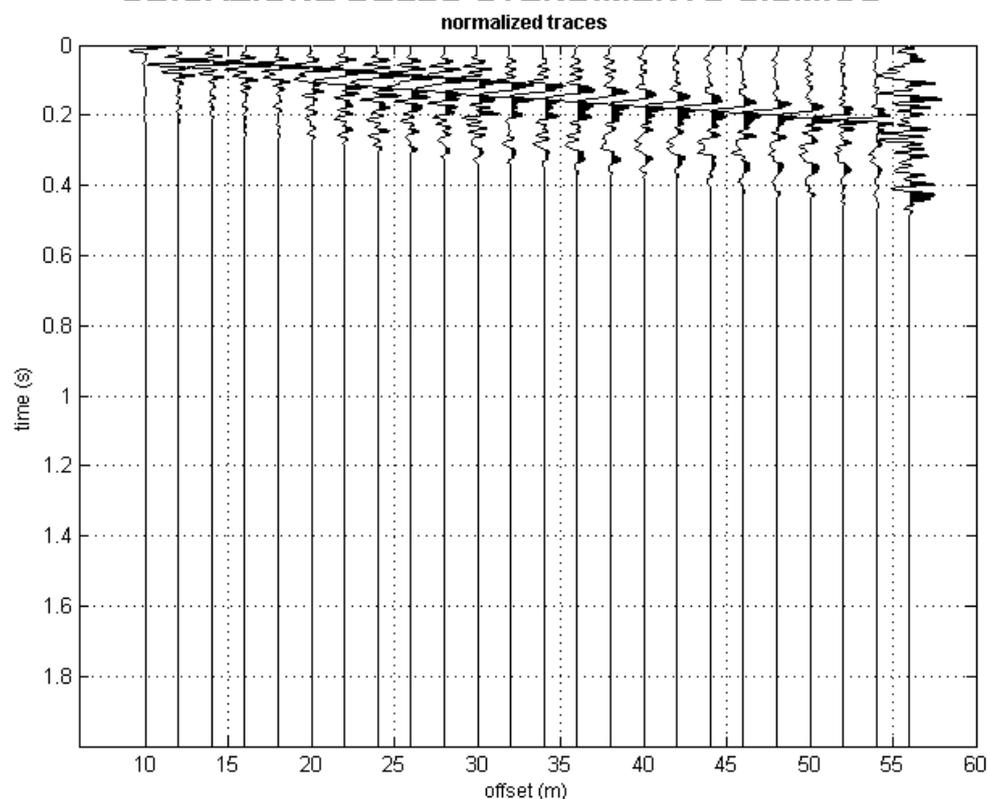
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIFERIMENTO
438/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO





GEO GROUP S.r.l.

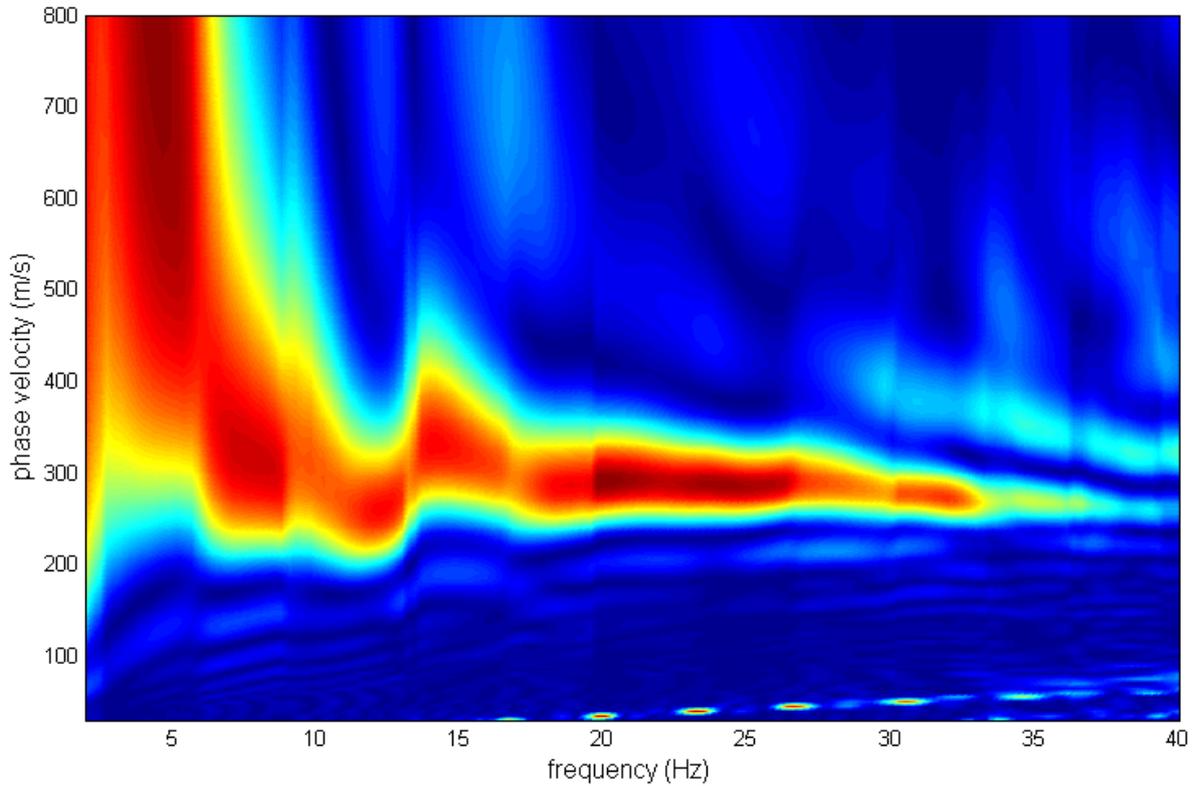
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

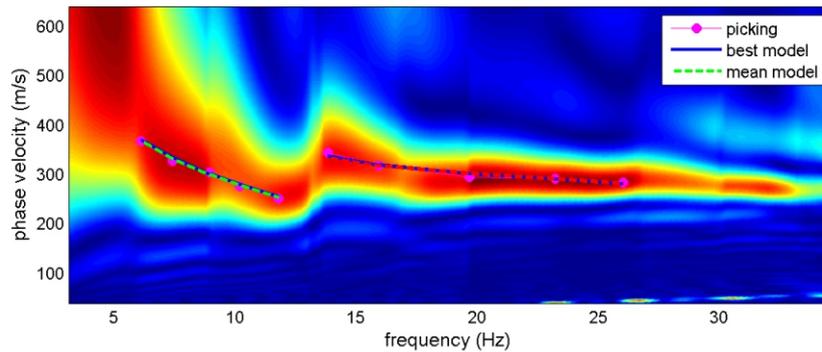
Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

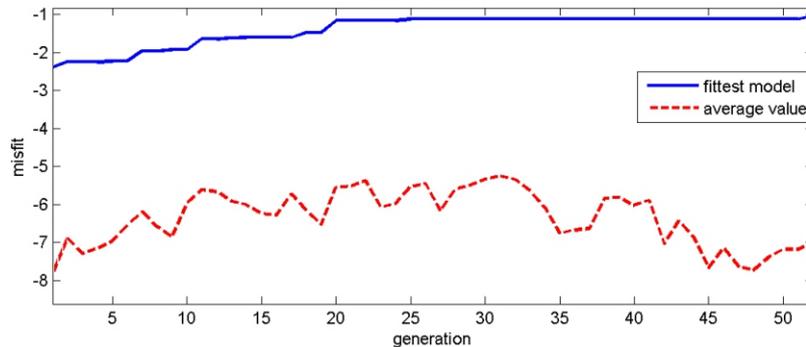
SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE



velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution





GEO GROUP S.r.l.

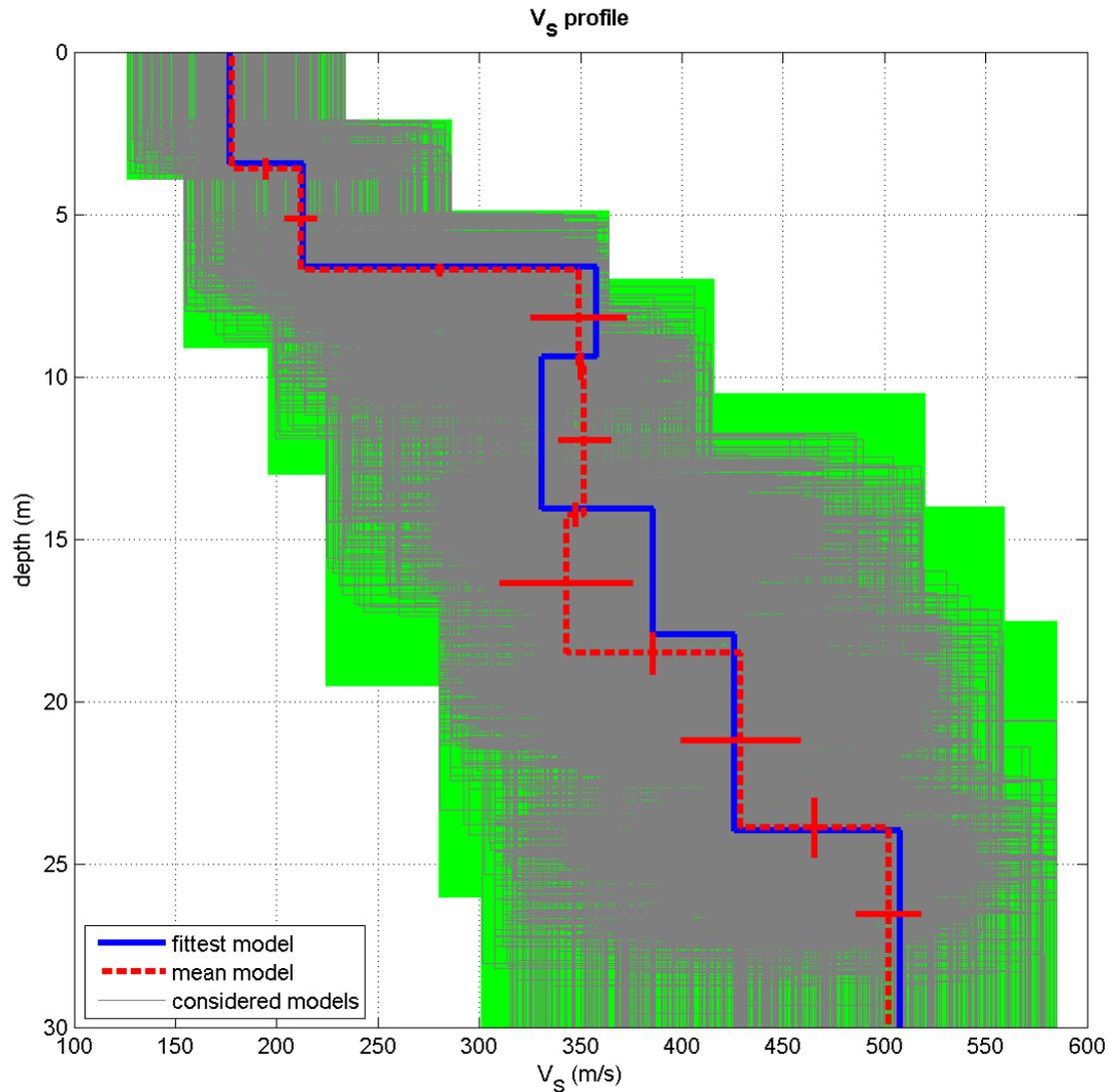
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



dataset: 45.dat

dispersion curve: PICK.cdp

Vs30 (best model): 325 m/s

Vs30 (mean model): 321 m/s

half-space

BEST MODEL
Vs30 = 325 m/s



GEO GROUP S.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA MASW 2

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

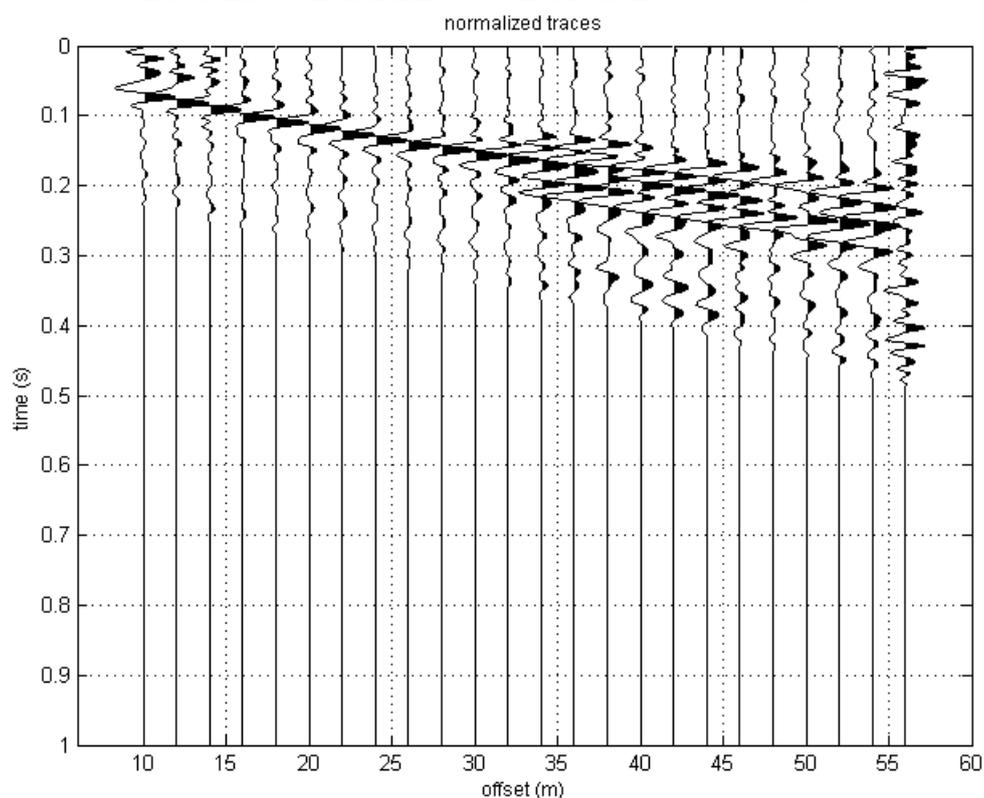
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIFERIMENTO
438/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO





GEO GROUP S.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

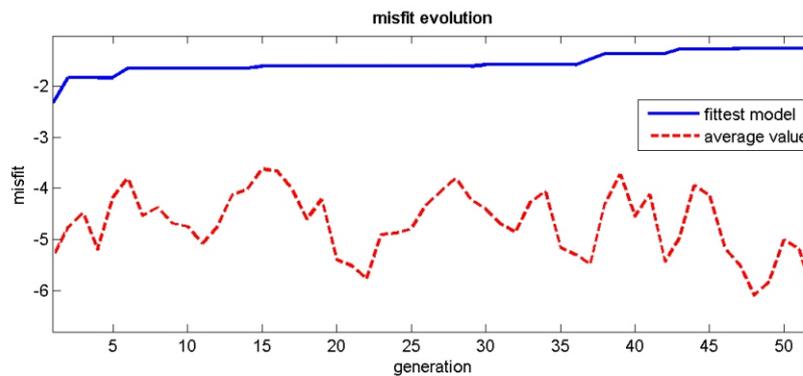
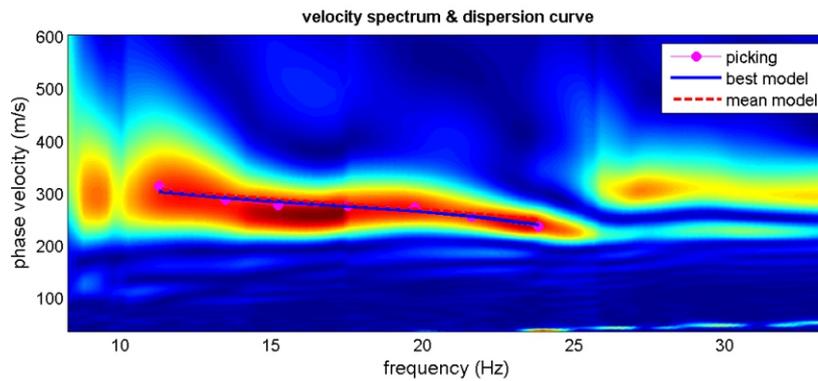
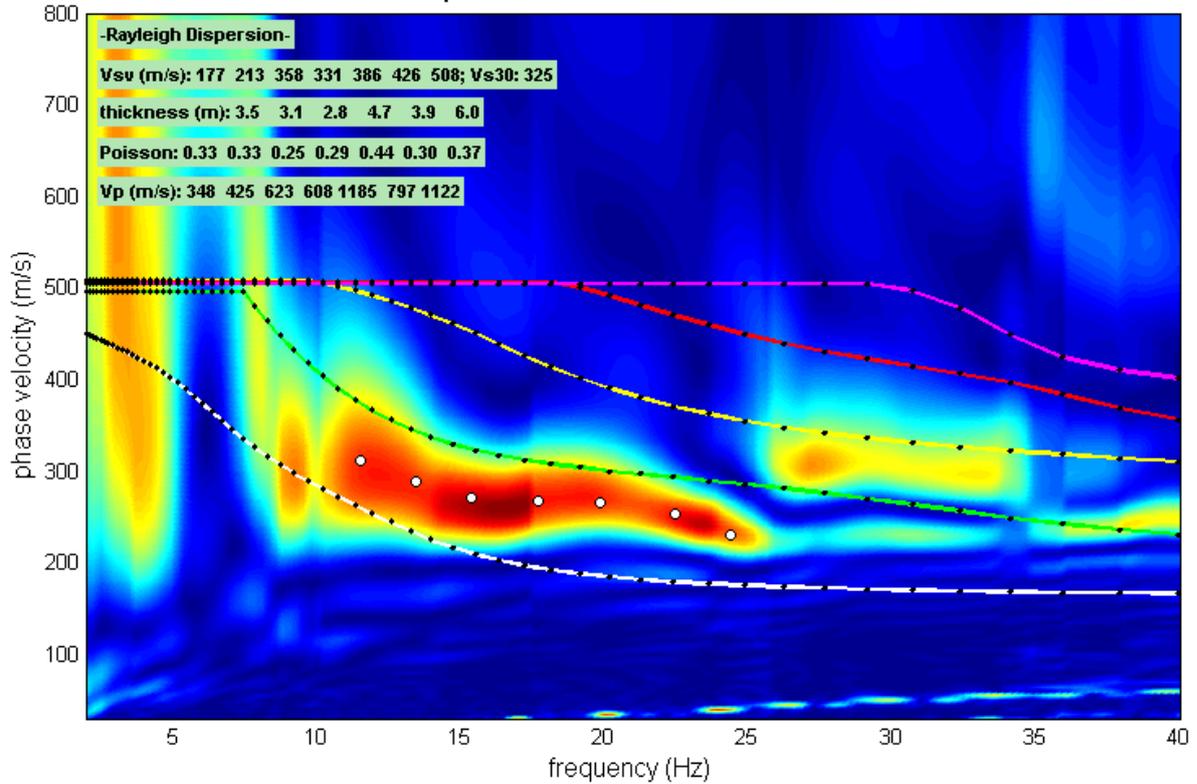
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE

dispersion curves - model: modelbest.mod





GEO GROUP S.r.l.

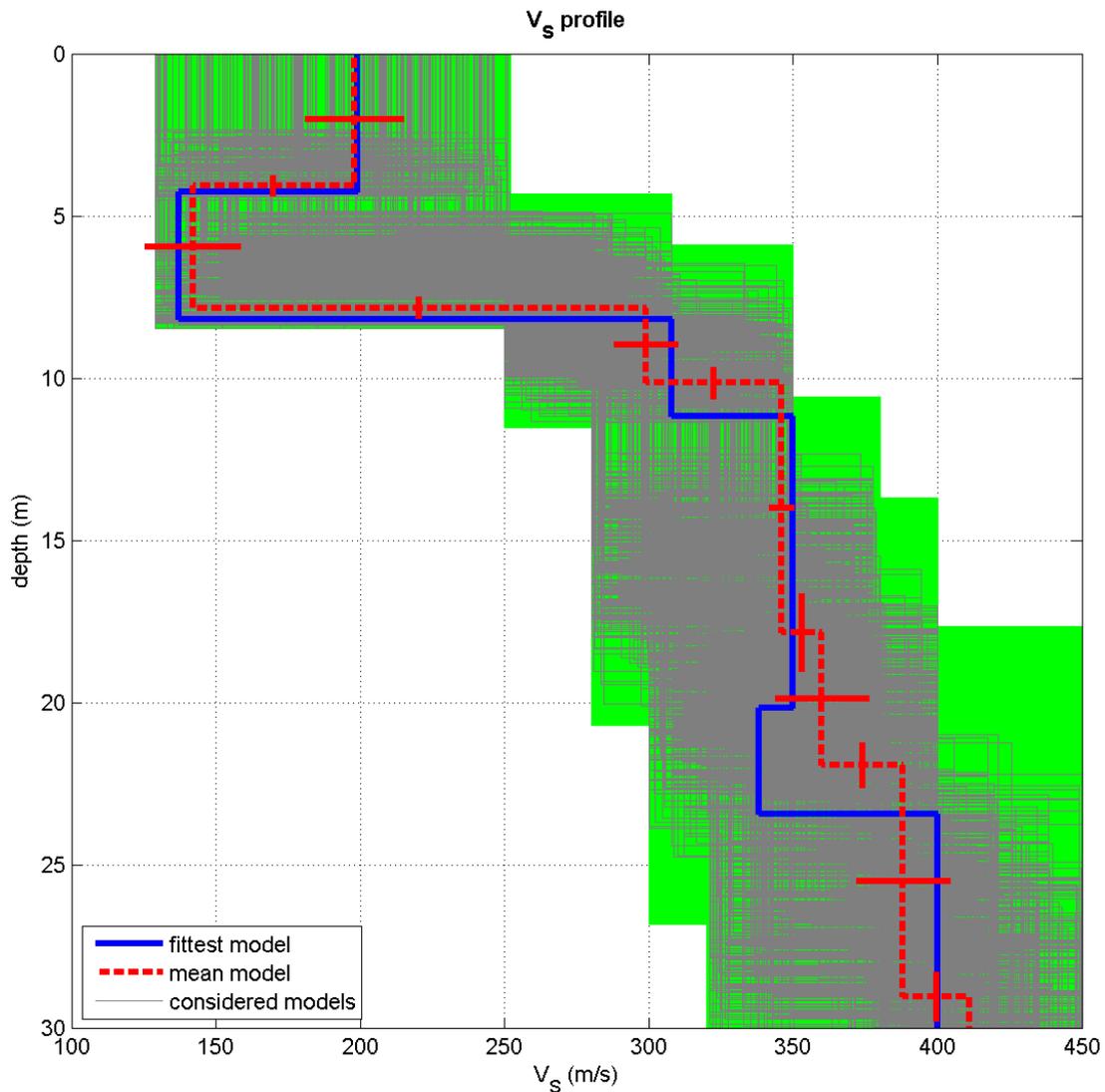
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



dataset: 49FVS.mat

dispersion curve: PICK.cdp

Vs30 (best model): 269 m/s

Vs30 (mean model): 275 m/s

half-space

BEST MODEL
Vs30 = 269 m/s



GEO GROUP S.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA RE.MI 1

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

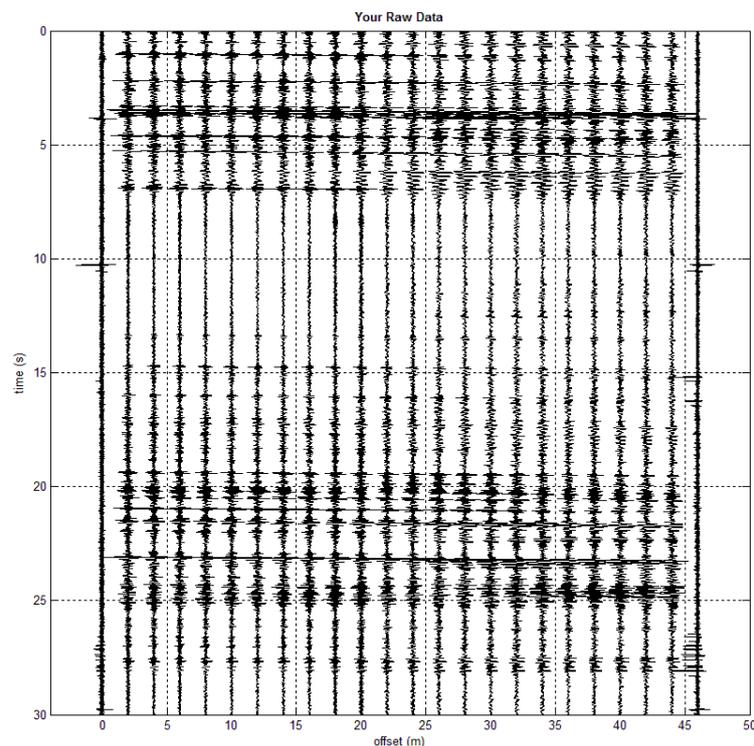
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIFERIMENTO
438/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO





GEO GROUP S.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

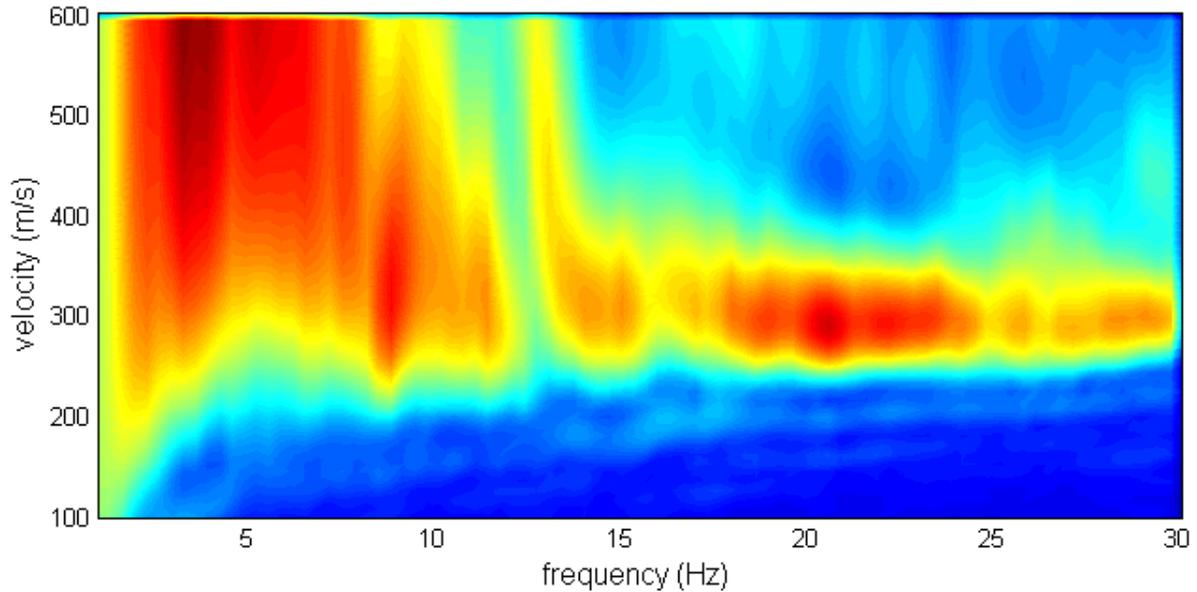
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

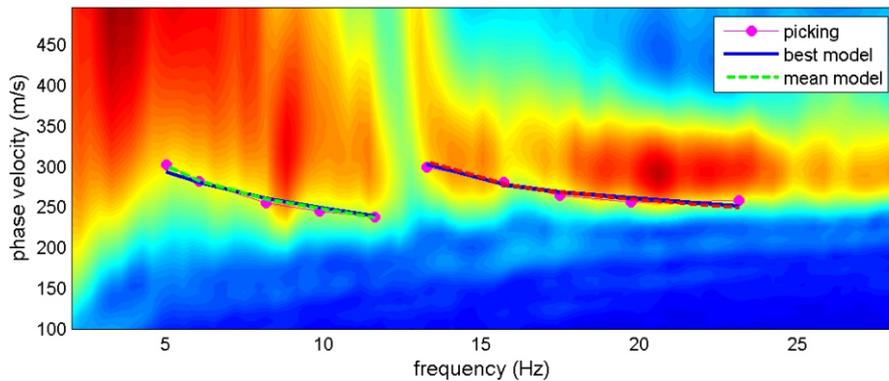
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE

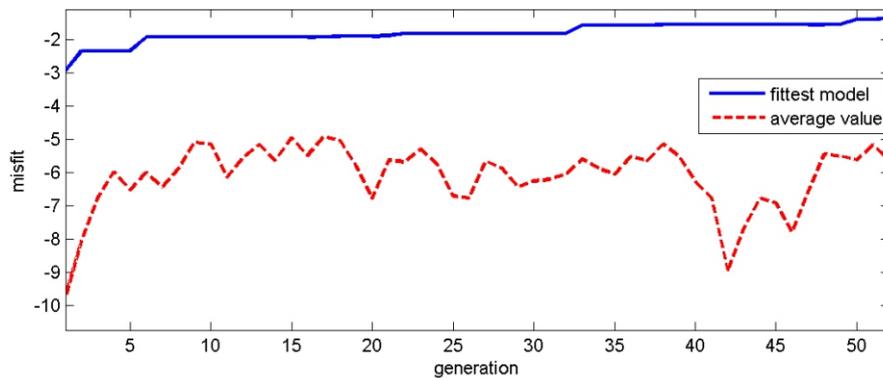
velocity spectrum (SPETTRO)



velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution





GEO GROUP S.r.l.

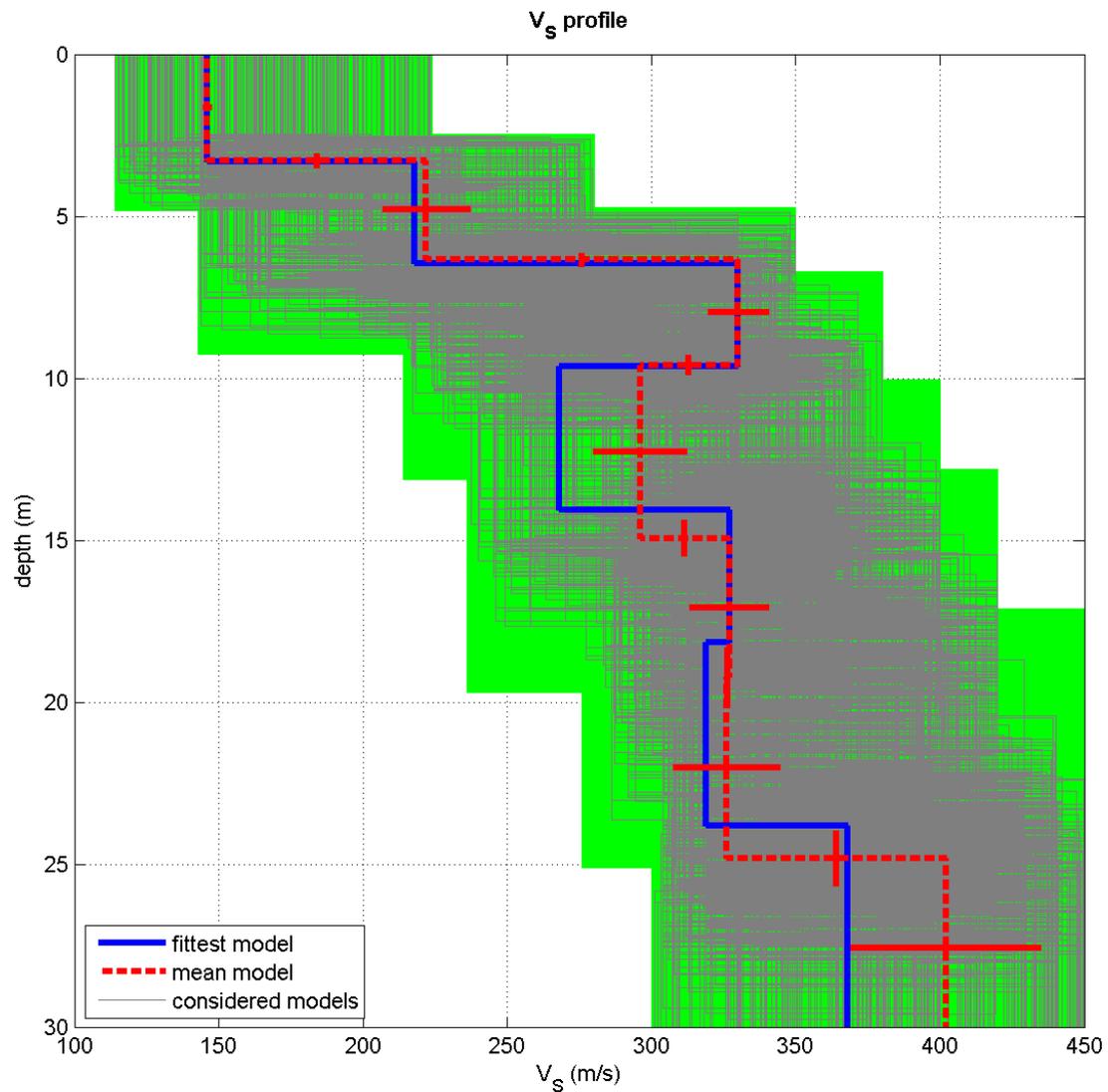
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE RE.MI



dataset: SPETTRO.mat

dispersion curve: PICK.cdp

Vs30 (best model): 272 m/s

Vs30 (mean model): 280 m/s

half-space

BEST MODEL
Vs30 = 272 m/s



GEO GROUP S.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA RE.MI 2

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

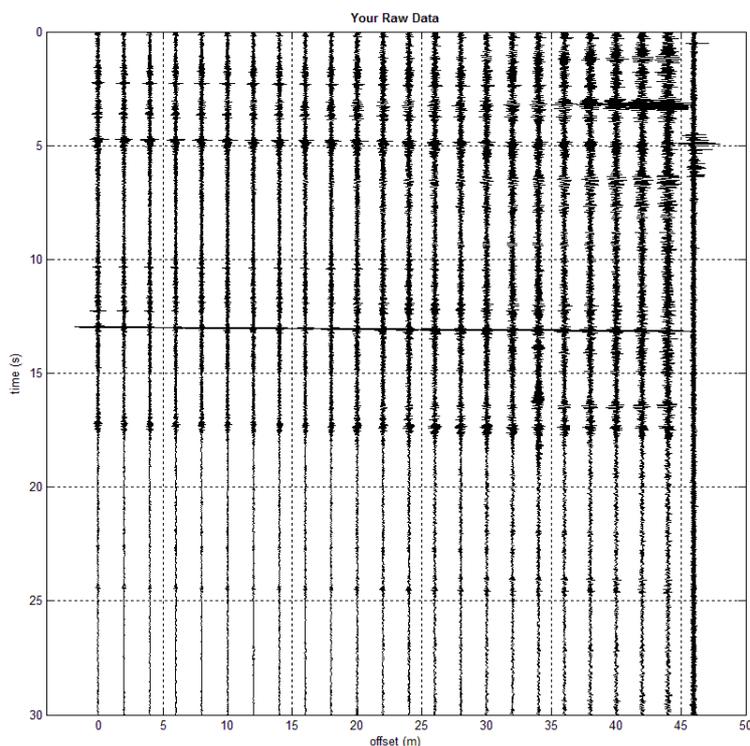
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIFERIMENTO
438/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO





GEO GROUP S.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

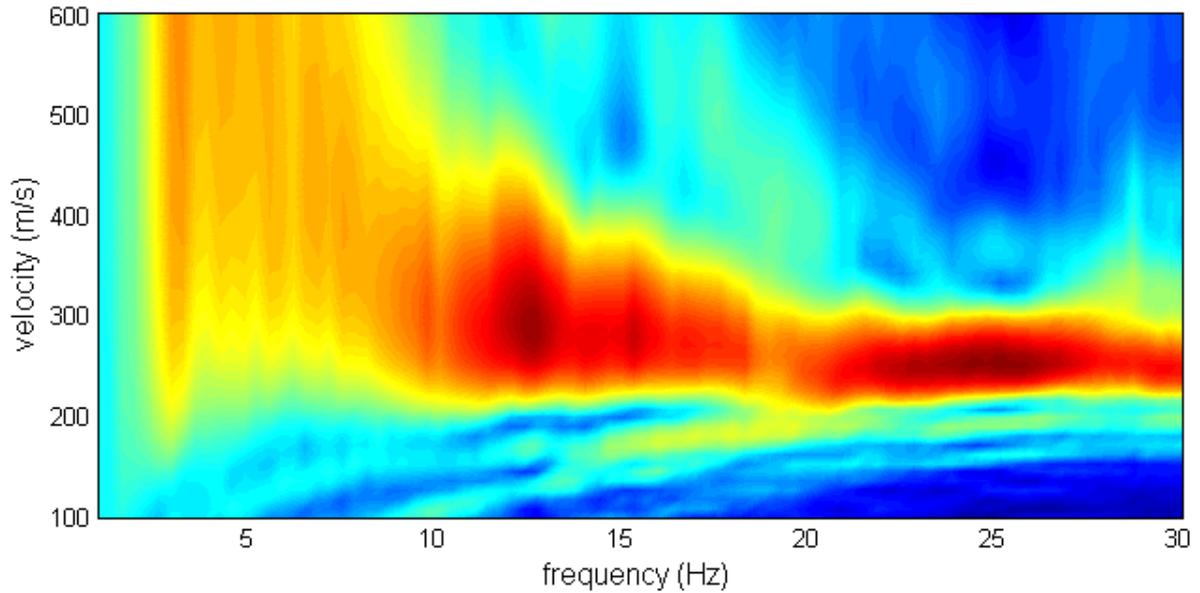
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

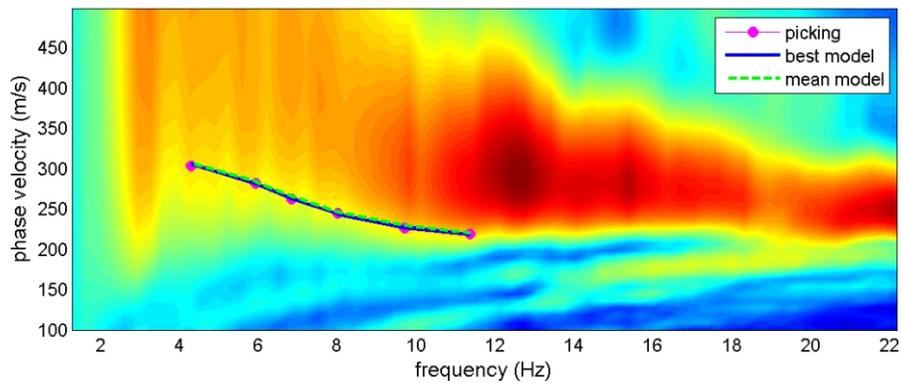
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE

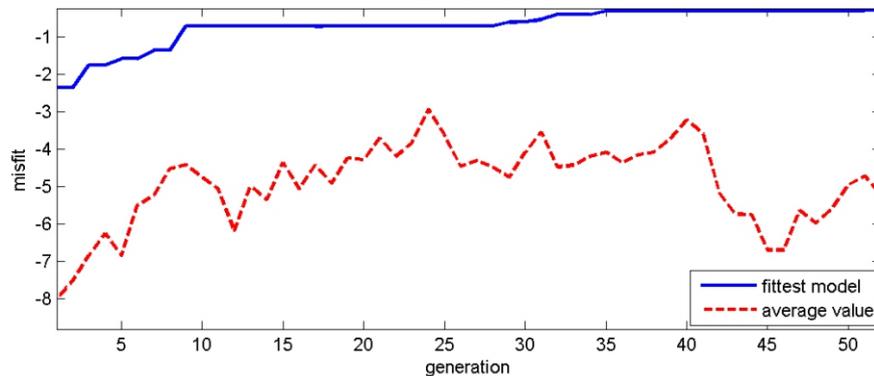
velocity spectrum (SPETTRO)



velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution





GEO GROUP S.r.l.

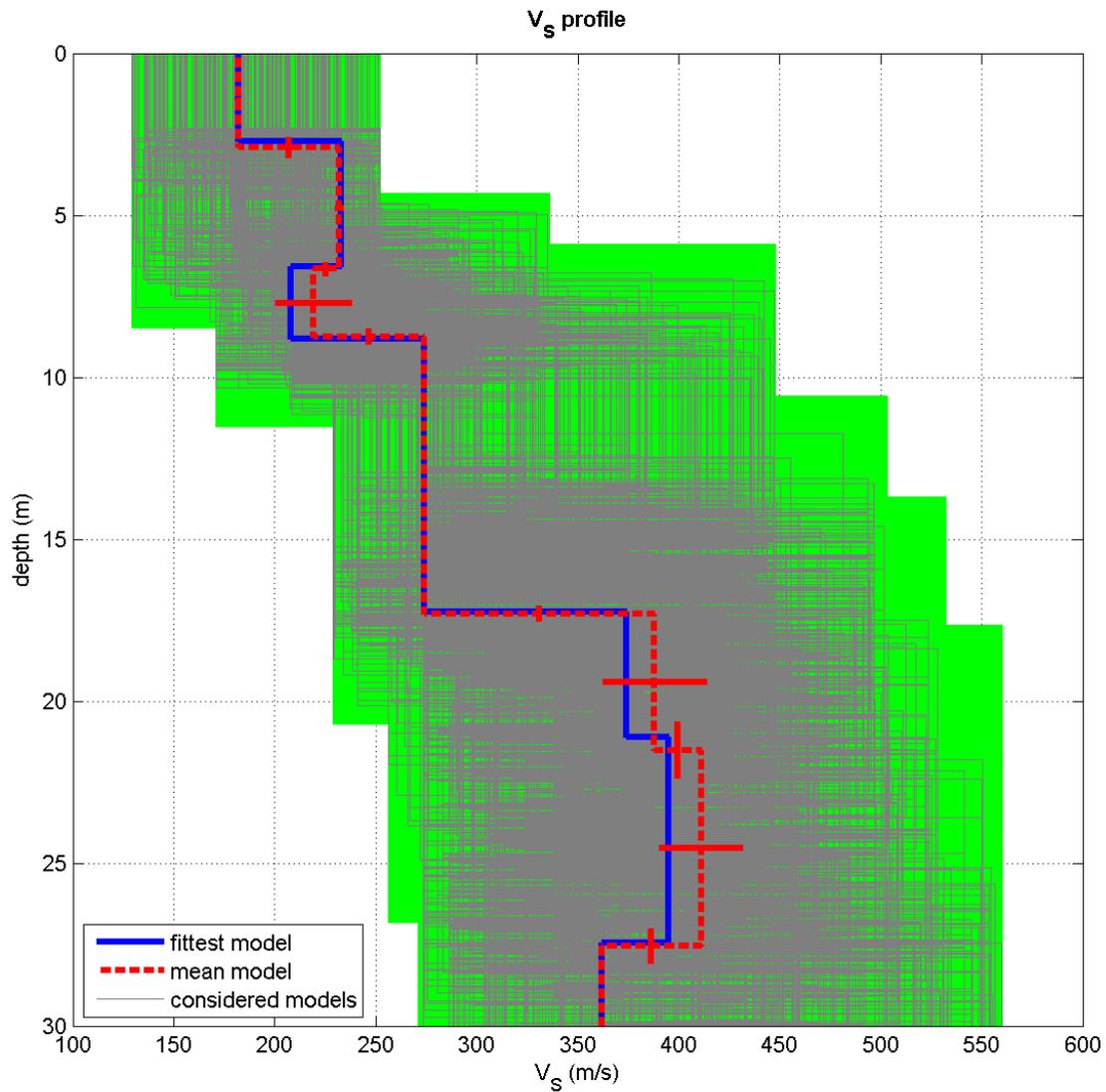
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-3967169 – 059 828367 - Fax 059-5960176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it, geo.group@libero.it

MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE RE.MI



dataset: SPETTRO.mat

dispersion curve: PICK.cdp

half-space

Vs30 (best model): 282 m/s

Vs30 (mean model): 285 m/s

BEST MODEL
Vs30 = 282 m/s



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

ANALISI SISMICA PASSIVA HVSR 1

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

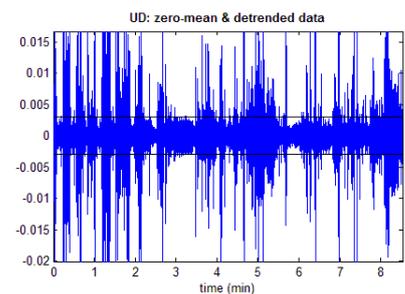
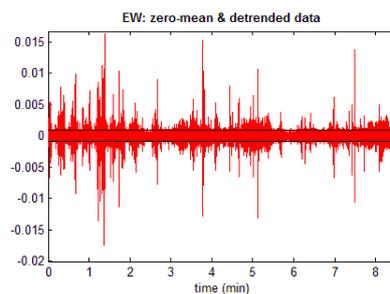
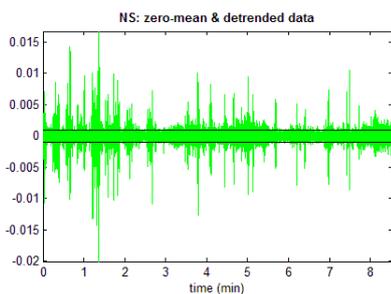
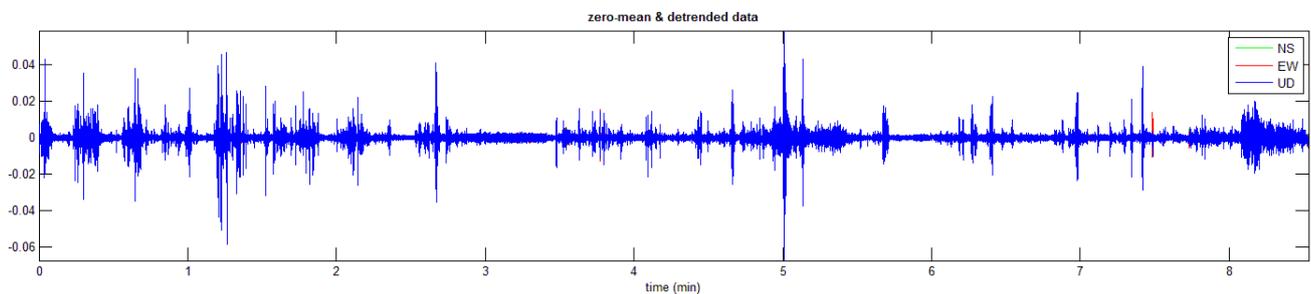
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

HVSR 1
RIF. 438/2015



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

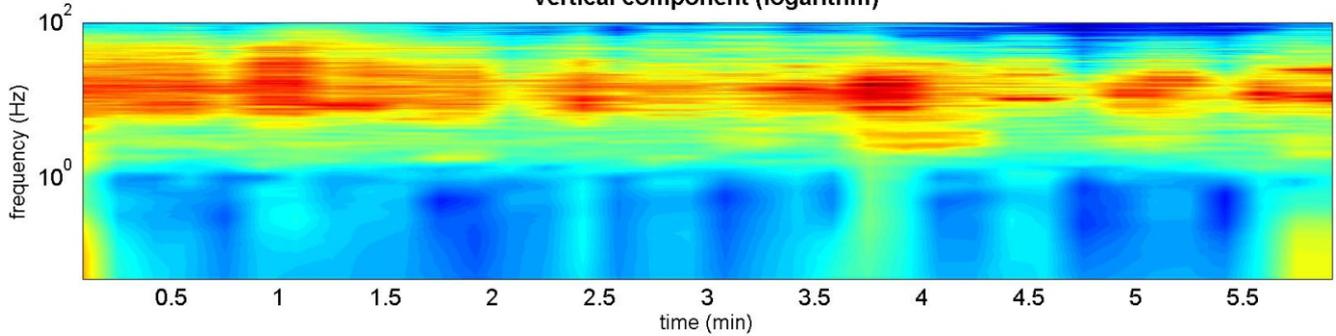
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

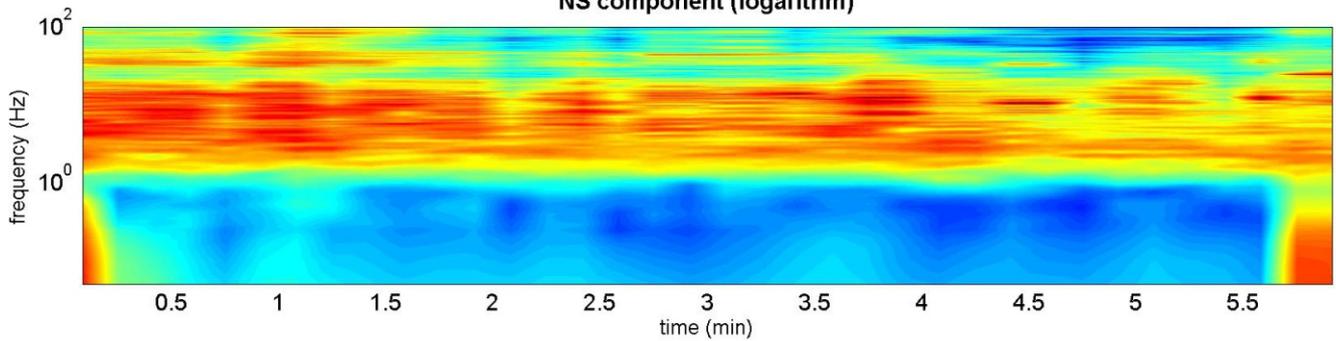
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

PERSISTENZA HVSR

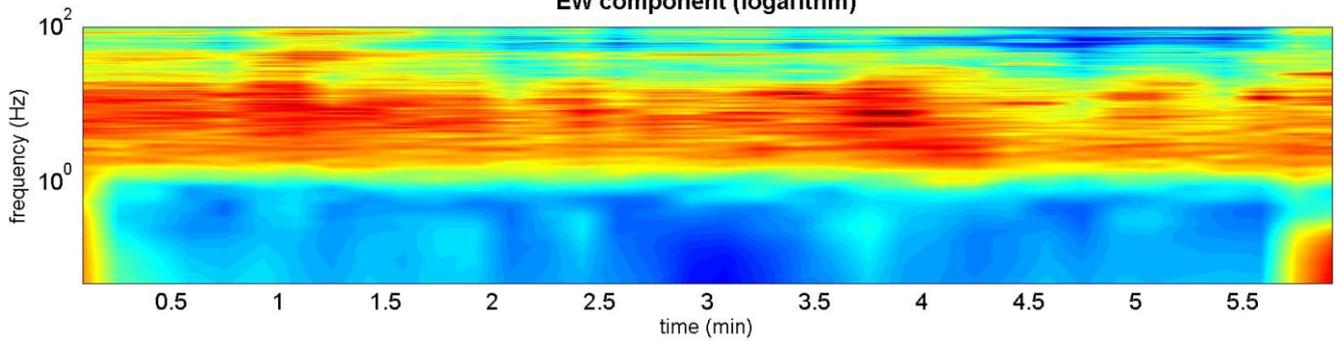
vertical component (logarithm)



NS component (logarithm)

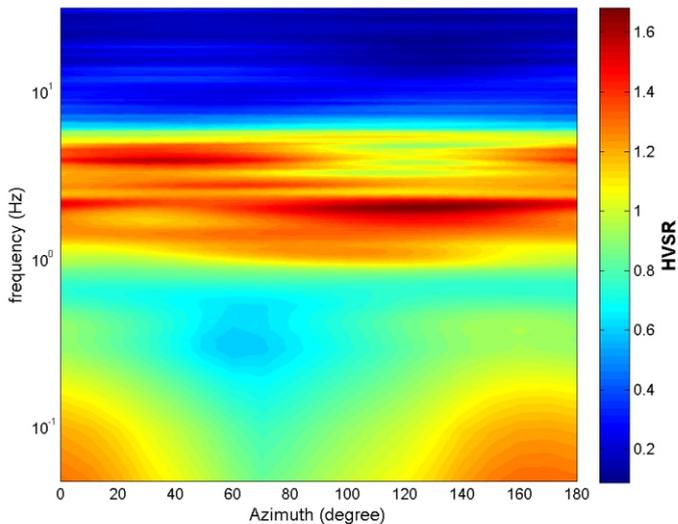


EW component (logarithm)

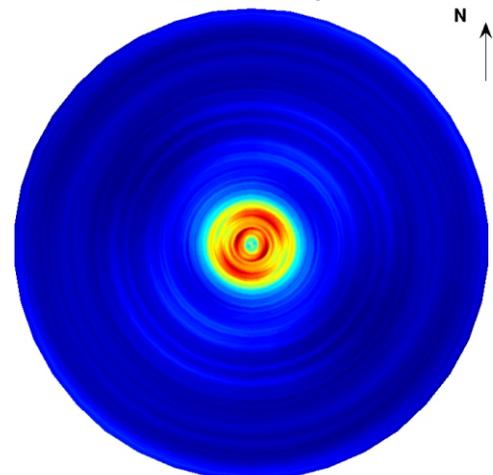


DIREZIONALITA' HVSR

HVSR: directivity



HVSR: directivity





GEO GROUP s.r.l.

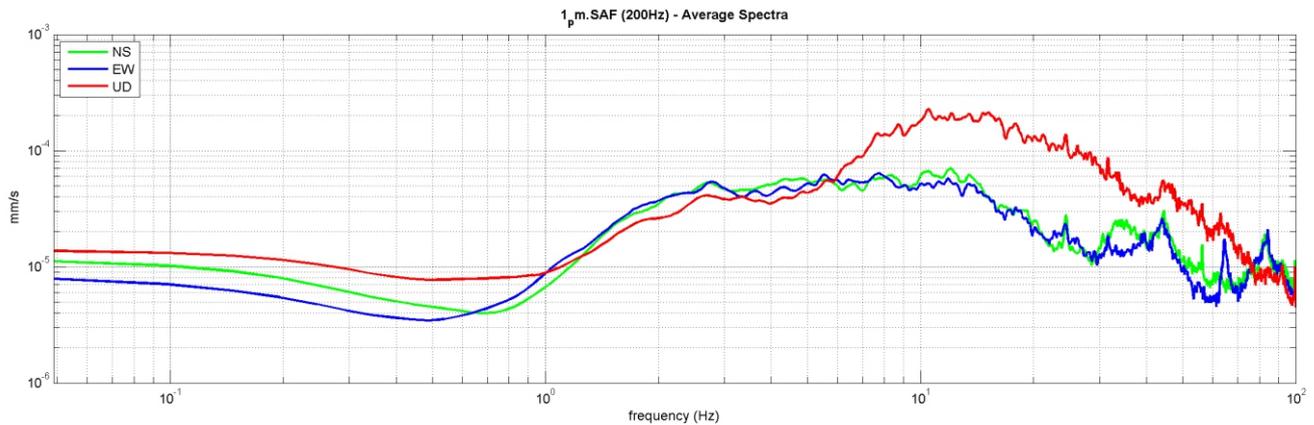
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

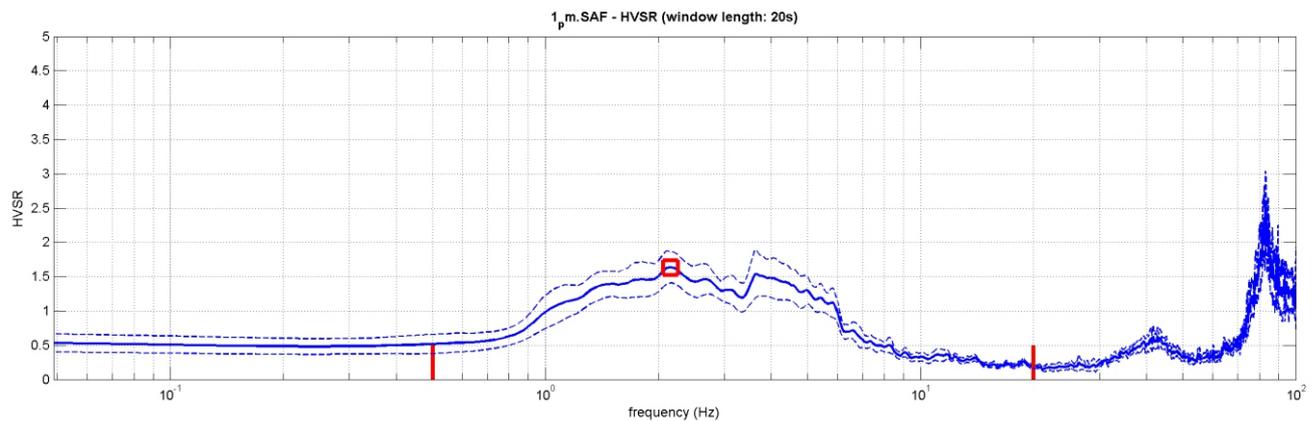
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

VELOCITA' SPETTRALI



RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMiESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectra/Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

NESSUN PICCO DI FREQUENZA RILEVATO

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $2.149 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $1548 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$: yes, at frequency 0.6Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 6.2Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $1.6 < 2$ (NO)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)
- #5. $[\sigma_{f_0} < \epsilon(f_0)]$: $1.352 > 0.107$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.227 < 1.58$ (OK)



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

ANALISI SISMICA PASSIVA HVSR 2

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

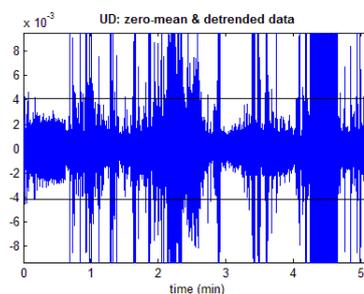
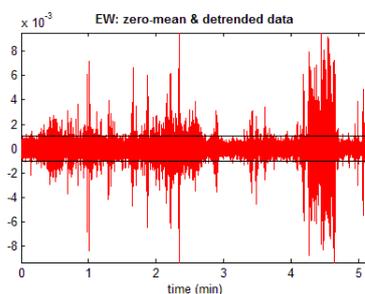
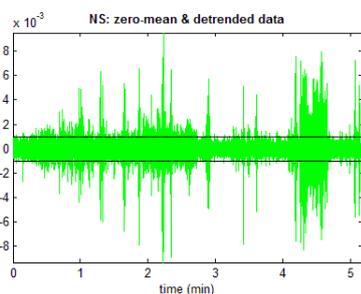
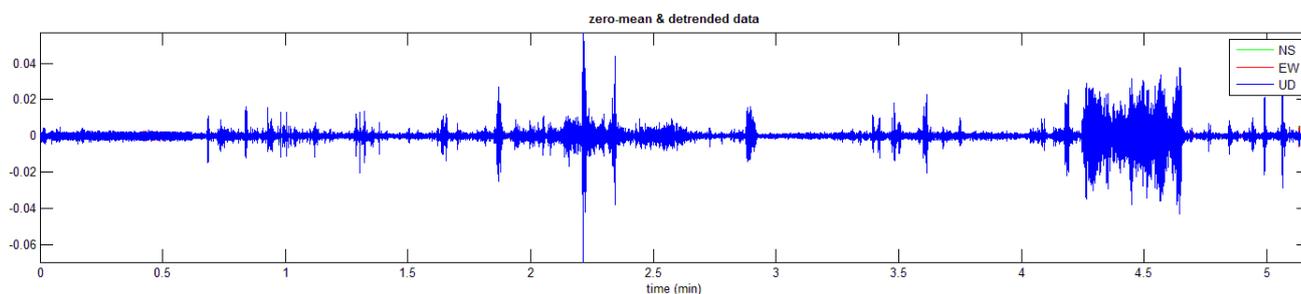
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

HVSR 2
RIF. 438/2015



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

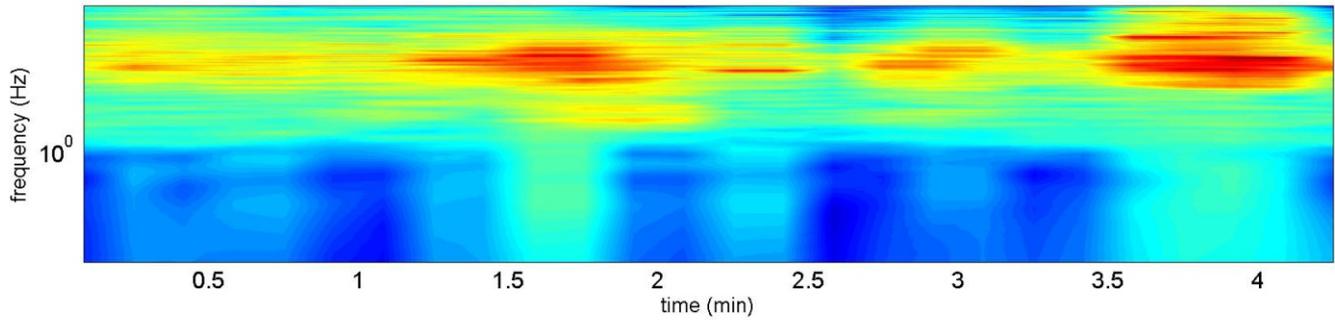
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

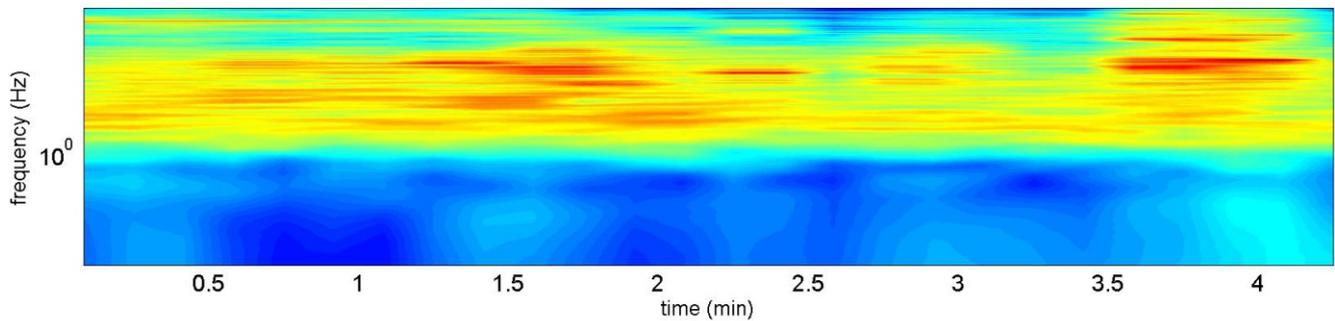
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

PERSISTENZA HVSR

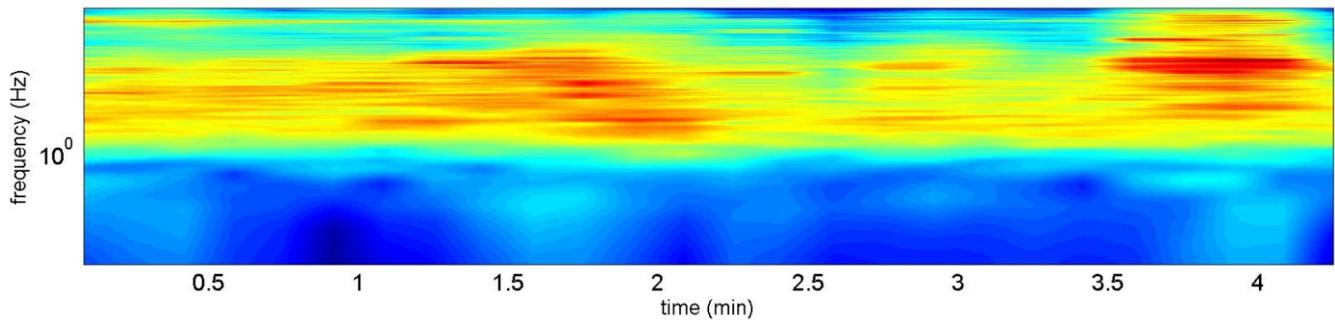
vertical component (logarithm)



NS component (logarithm)

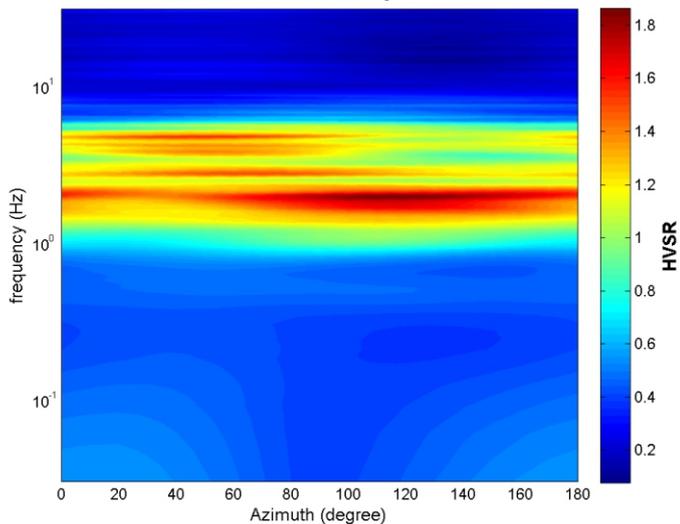


EW component (logarithm)

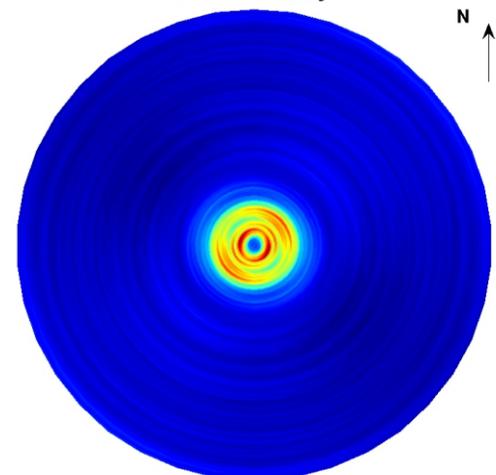


DIREZIONALITA' HVSR

HVSR: directivity



HVSR: directivity





GEO GROUP s.r.l.

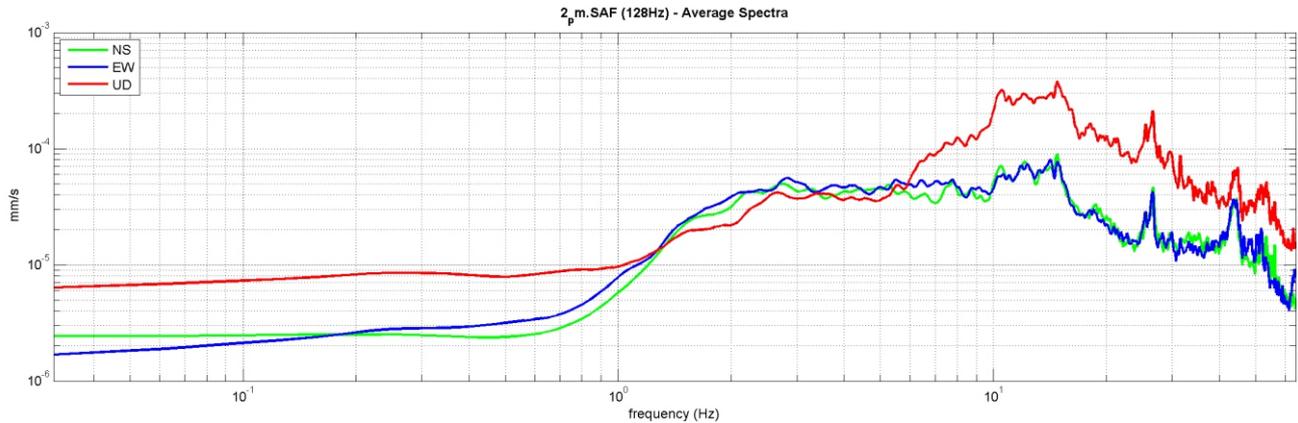
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

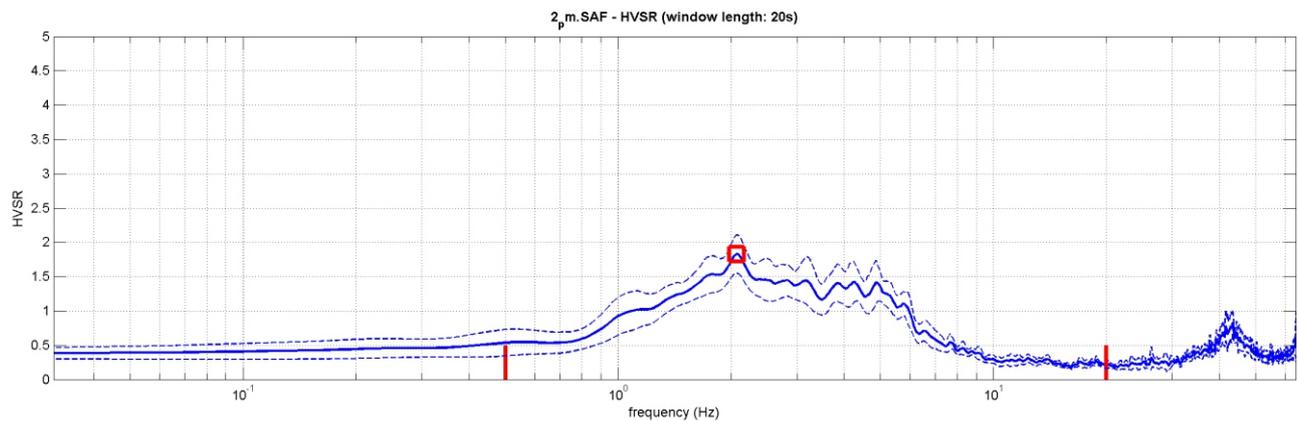
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

VELOCITA' SPETTRALI



RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMiESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectra/fit, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

NESSUN PICCO DI FREQUENZA RILEVATO

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $2.064 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $1073 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$: yes, at frequency 0.5Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$: yes, at frequency 6.1Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $1.8 < 2$ (NO)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_f < \epsilon(f_0)]$: $1.180 > 0.103$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.280 < 1.58$ (OK)



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ANALISI SISMICA PASSIVA HVSR 3

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

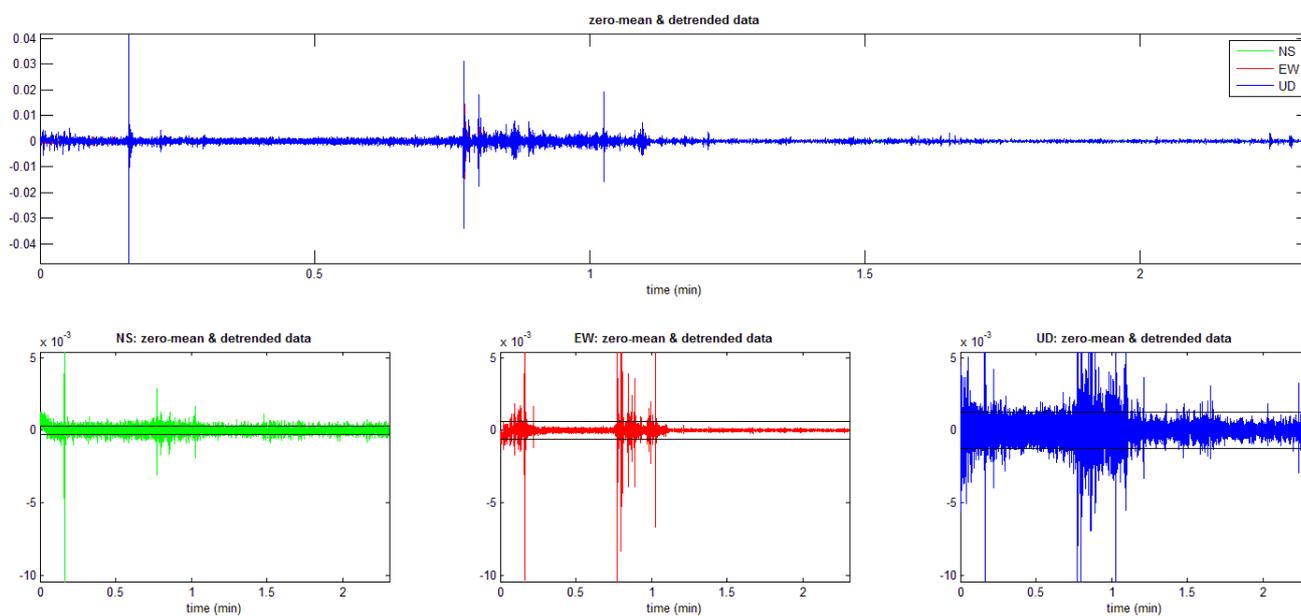
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

HVSR 3
RIF. 438/2015



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

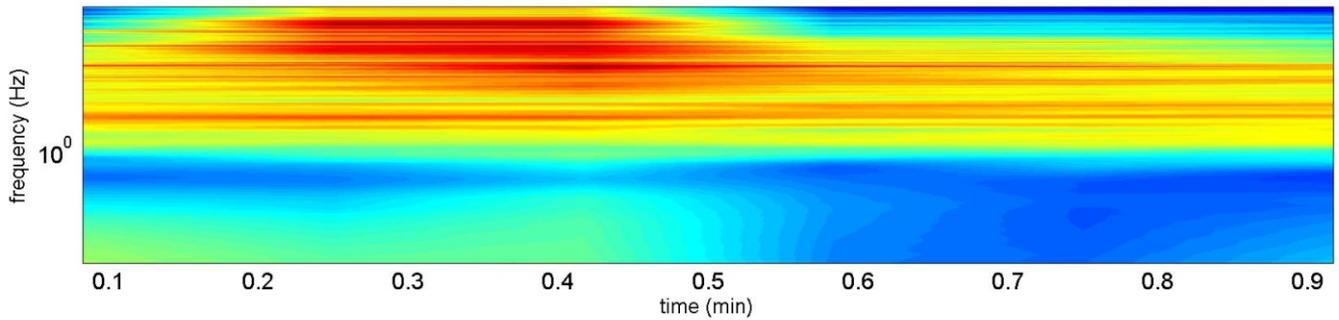
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

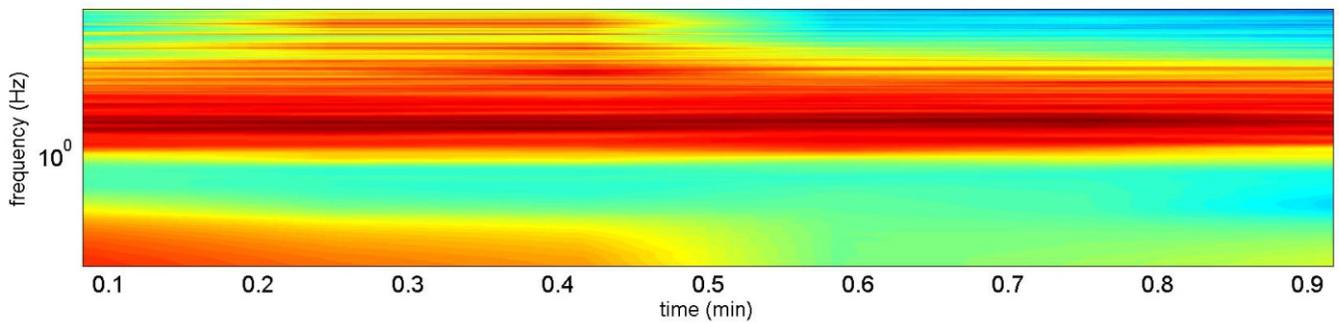
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

PERSISTENZA HVSR

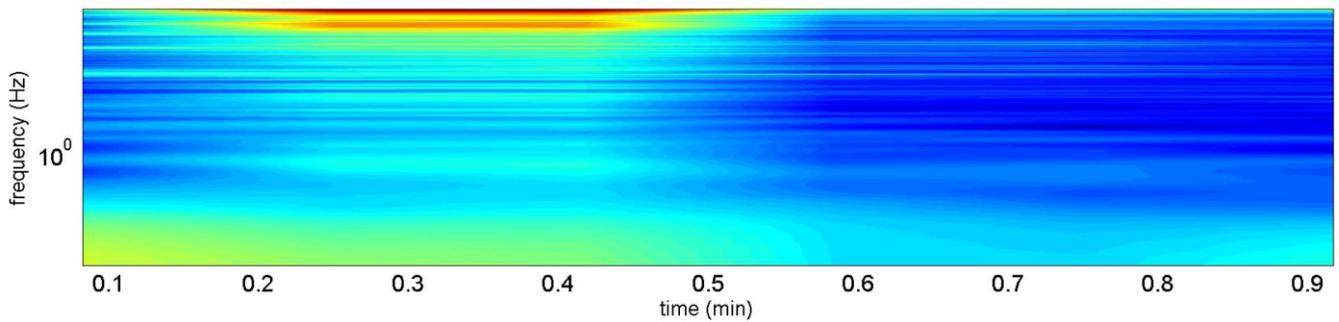
vertical component (logarithm)



NS component (logarithm)

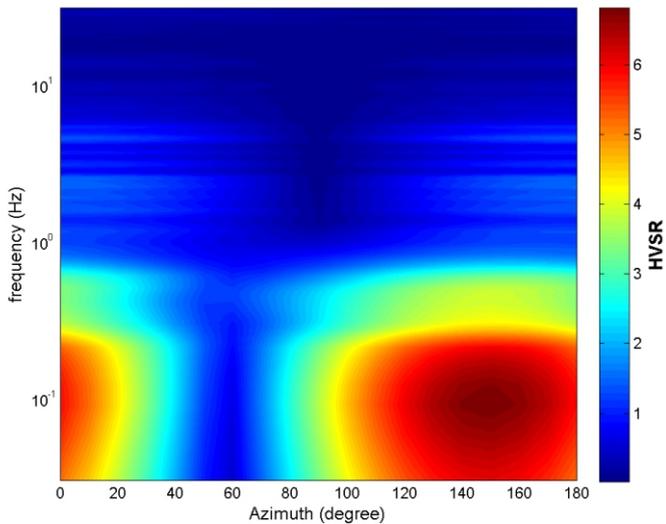


EW component (logarithm)

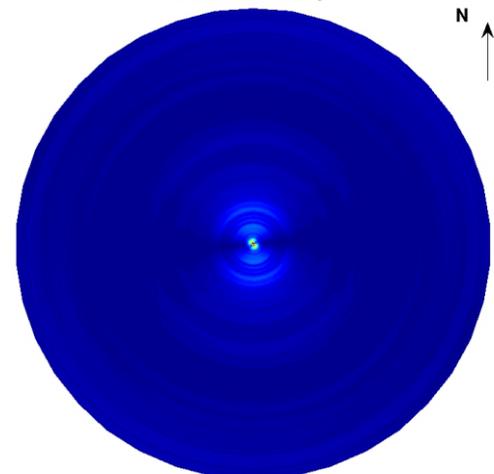


DIREZIONALITA' HVSR

HVSR: directivity



HVSR: directivity





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

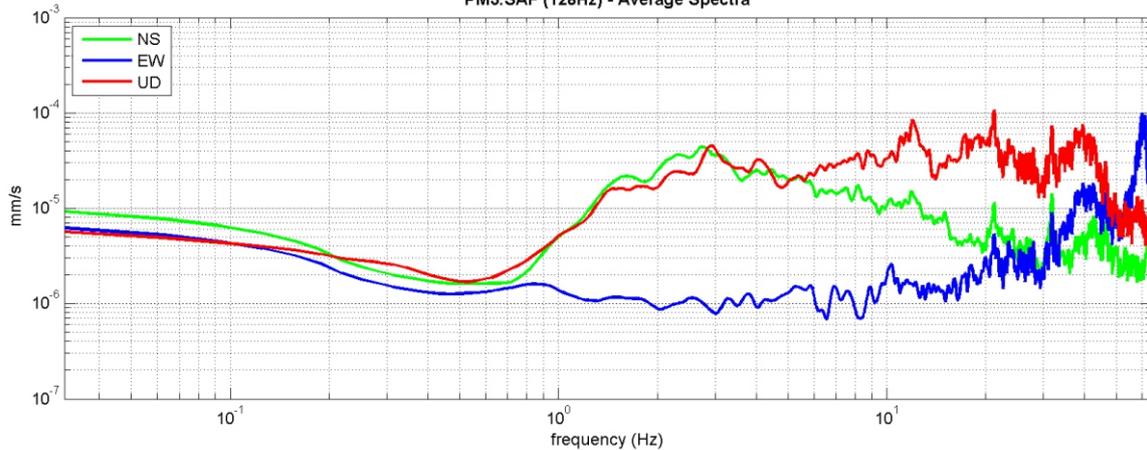
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

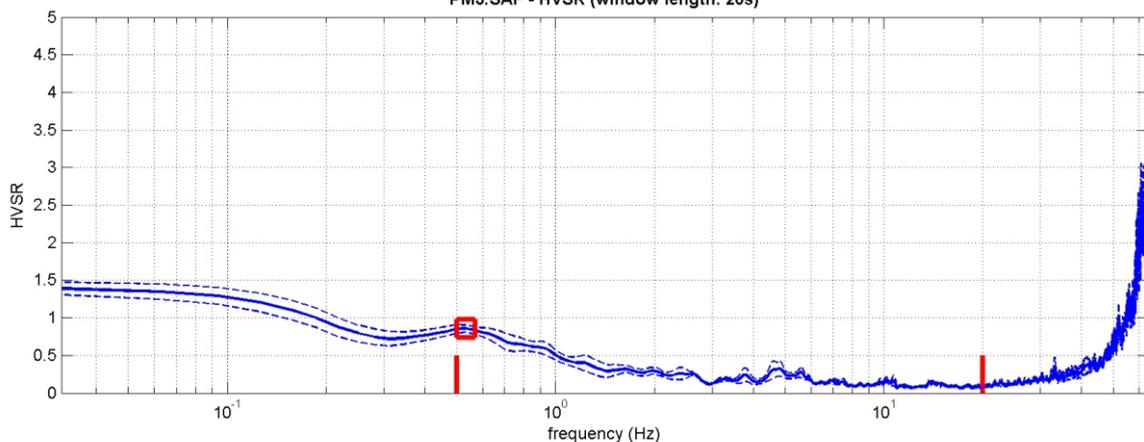
VELOCITA' SPETTRALI

PM3.SAF (128Hz) - Average Spectra



RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA

PM3.SAF - HVSR (window length: 20s)



NESSUN PICCO DI FREQUENZA RILEVATO

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [$f_0 > 10/Lw$]: $0.532 > 0.5$ (OK)
- #2. [$n_c > 200$]: $64 < 200$ (NO)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: (NO)
- #2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 1.1Hz (OK)
- #3. [$A_0 > 2$]: $0.9 < 2$ (NO)
- #4. [$f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)
- #5. [$\sigma_{fA} < \epsilon(f_0)$]: $0.064 < 0.080$ (OK)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.049 < 2$ (OK)



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ANALISI SISMICA PASSIVA HVSR 4

Cantiere: Torre delle Oche - Maranello Ex ceramica PIEMME

Operatori: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini; Ing. Silvia Sernesi

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/07/2015

Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

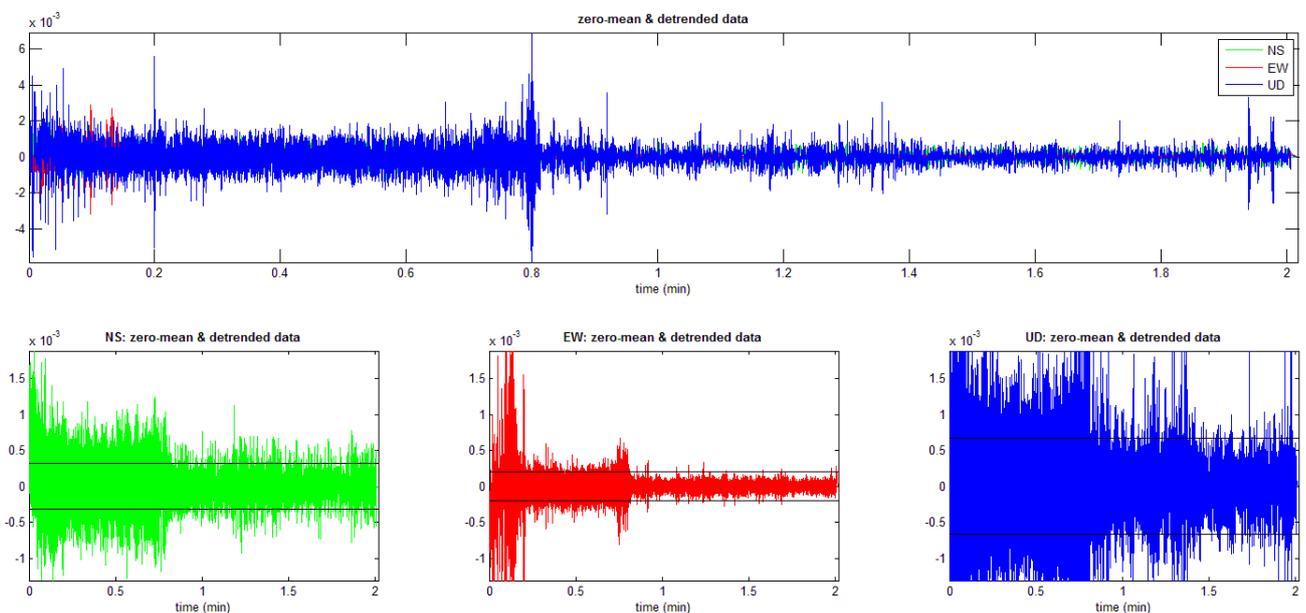
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

HVSR 4

RIF. 438/2015



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

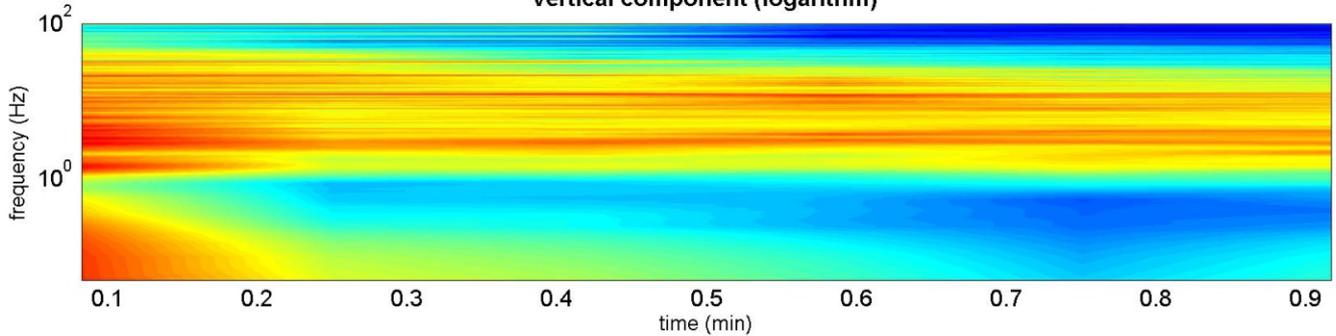
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

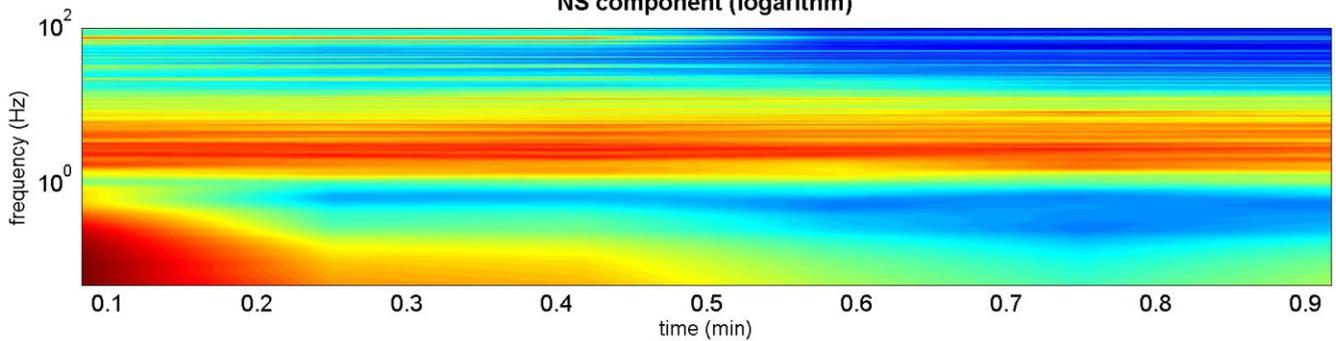
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

PERSISTENZA HVSR

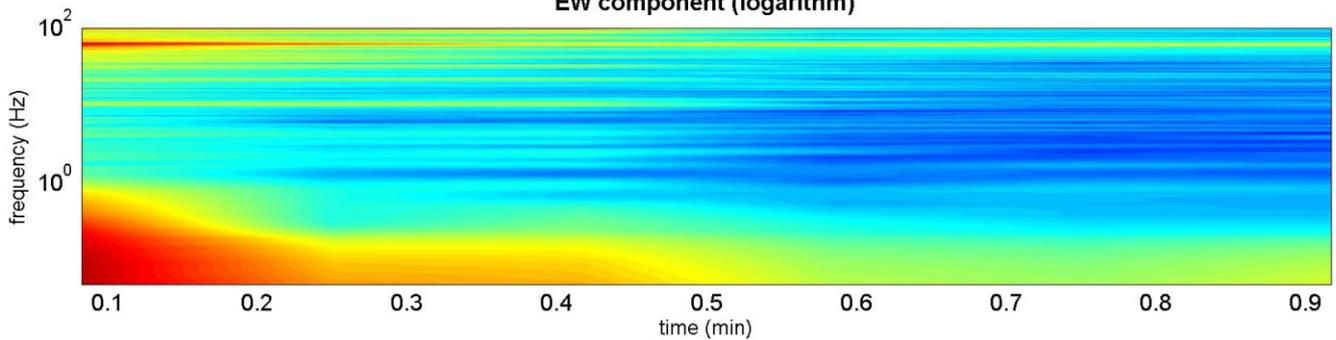
vertical component (logarithm)



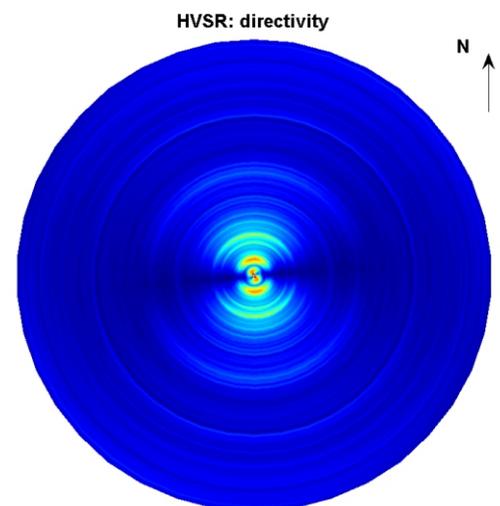
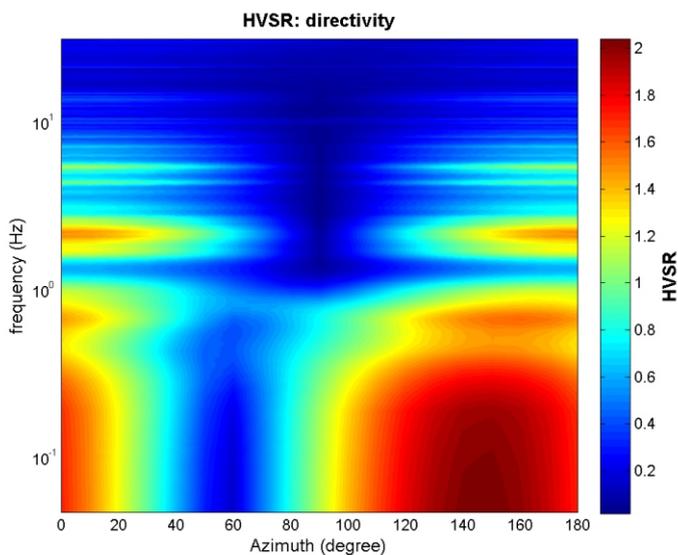
NS component (logarithm)



EW component (logarithm)



DIREZIONALITA' HVSR





GEO GROUP s.r.l.

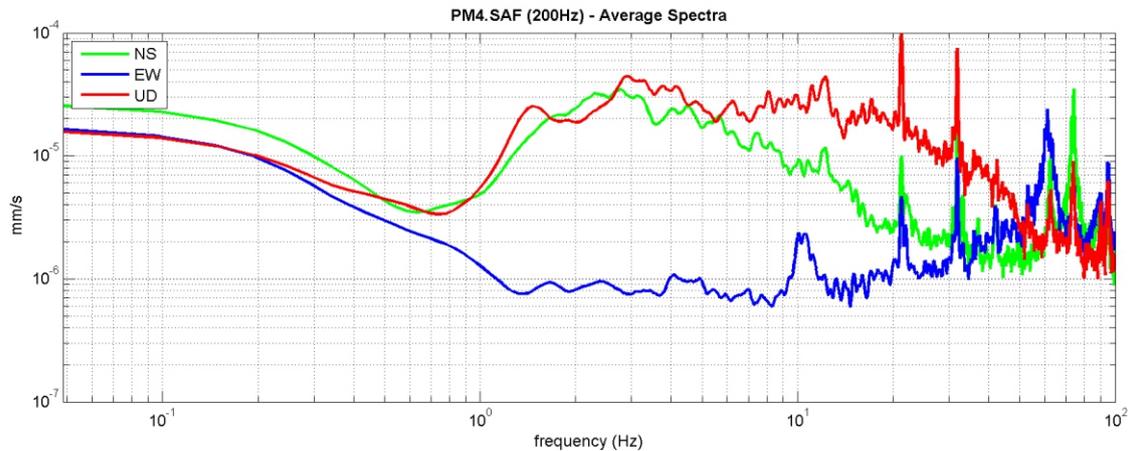
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

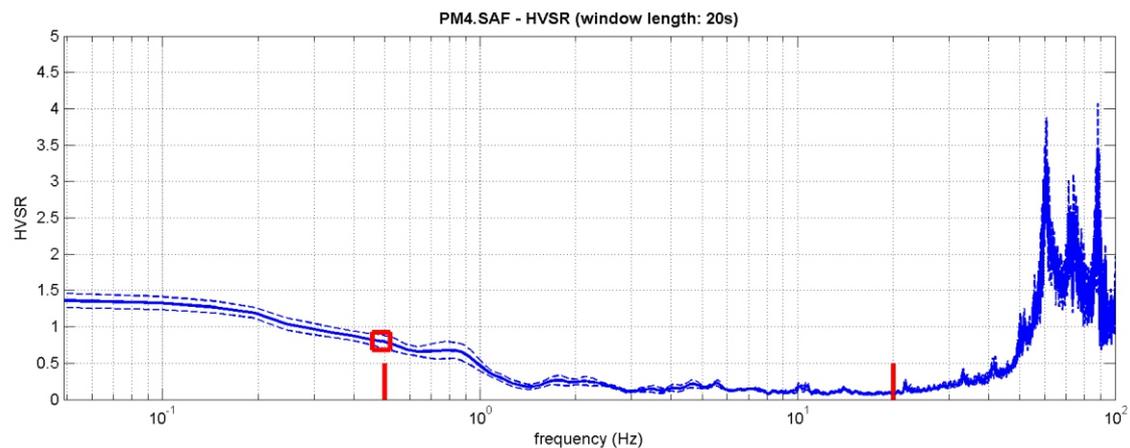
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

VELOCITA' SPETTRALI



RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/s, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

NESSUN PICCO DI FREQUENZA RILEVATO

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $0.489 < 0.5$ (NO)
- #2. $[nc > 200]$: $59 < 200$ (NO)
- #3. $[f_0 < 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$: (NO)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.1Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $0.8 < 2$ (NO)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]$: $0.161 > 0.098$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.088 < 2.5$ (OK)