

AREA NUOVA CASA PROTETTA INTERCOMUNALE



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

A cura di:
DOTT. GEOL. Valeriano Franchi
V.le Caduti in Guerra 1, 41121 Modena
TEL. 059-226540
e-mail: valerianofranchi@tin.it

Dott. Geol. Valeriano Franchi
V.le Caduti in Guerra, 1 – 41121 Modena
Tel: 059-226540
e-mail: valerianofranchi@tin.it

Modena, 16/07/2015

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

INDICE CONTENUTI

Premessa	2
1. Inquadramento geografico-fisico	3
2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico	5
3. Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico	8
4. Indagine sismica	10
5. Definizione dell'azione sismica di base.....	12
5.1. Definizione dell'azione sismica di base per l'area di studio	13
5.2. Scelta della strategia di progettazione	14
6. Azione sismica di progetto	17
7. Effetti di sito	18
7.1. Amplificazione stratigrafica.....	18
7.2. Amplificazione topografica.....	20
7.3. Accelerazione massima orizzontale al suolo	20
7.4. Rischio liquefazione.....	21
7.4.1. Analisi di risposta sismica locale di III livello.....	23
7.4.2. Calcolo del rischio liquefazione e cedimenti post-sismici	30
8. Ridefinizione della classe sismica del terreno di fondazione alla luce degli effetti attesi riscontrati.....	31
9. Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni.....	32

ALLEGATI

PREMESSA

Nella presente relazione vengono trattati gli aspetti geologici e sismici inerenti l'area oggetto di trasformazione urbanistica nell'ambito del Piano Comunale della Ricostruzione post eventi sismici del maggio-giugno 2012, nella prima periferia orientale del centro abitato di Novi di Modena (MO). L'area, di estensione pari a circa 2 ha, ha il suo confine settentrionale adiacente a Via Don G. Minzoni, con l'angolo nord-occidentale in corrispondenza dell'incrocio tra Via del Gesù e Via Don Minzoni stessa.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia, DM 11.03.1988, con riferimento specifico agli aspetti sismici come da DM 14.01.2008, nonché DAL RER 112/07.

Per l'adempimento delle specifiche normative, è stato effettuato un sopralluogo sull'area in data 2/03/2015 al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica. Per la caratterizzazione litostratigrafia e geotecnica dei terreni di sottofondazione, sempre in data 5/03/2015, sono state effettuate 2 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU), spinte fino alla profondità massima di 20 m dall'attuale piano di campagna.

Per la classificazione sismica dei terreni di sottofondazione, sono stati utilizzati i dati ricavati da uno stendimento sismico eseguito in data 9/03/2015, adiacente alla carraia coincidente col lato occidentale dell'area. Lo stendimento, composto da 24 geofoni, con spaziatura tra essi di 2,0 metri per una lunghezza complessiva della linea sismica di 46 metri, ha fornito i dati necessari per individuare, tramite la metodologia d'analisi MASW, la sismostratigrafia dell'area fino alla profondità di 30 m dal piano campagna, nonché il parametro di normativa V_{s30} . All'indagine MASW è stata affiancata un'indagine a sismica passiva HVSR per la determinazione del periodo fondamentale di vibrazione del terreno.

A seguito del parere della Provincia di Modena del 14/07/2015, redatto ai sensi e per gli effetti dell'art. 5 della LR 19/2008, sono state recepite le prescrizioni in esso contenute riguardanti la ridefinizione della categoria di suolo dal punto di vista sismico, rimandando alla fase esecutiva il calcolo dei parametri sismici per i quattro stati limite, nonché dei coefficienti sismici orizzontale e verticale (vedasi capitolo 8 di questa relazione).

La relazione si articola nel seguente modo:

- Inquadramento geografico - fisico
- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico
- Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico
- Indagine sismica
- Definizione dell'azione sismica di base
- Azione sismica di progetto
- Effetti di sito
- Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni

ALLEGATI

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-FISICO

L'area esaminata è ubicata in prossimità del perimetro urbanizzato orientale del Capoluogo, tra le località C. Zucchi, a nord, Villa Delle Rose, ad ovest, e C. Vergnana, ad est, lungo il lato meridionale di Via Don Minzoni.

Dal punto di vista topografico si trova in corrispondenza di un'ampia area pianeggiante, al passaggio tra la media e la bassa pianura, sub-orizzontale, con debolissima pendenza verso E e con quote che, in corrispondenza dell'area, sono comprese tra 18,5 m, ad est, e 19 m, ad ovest, s.l.m.

Il sistema idrografico è rappresentato essenzialmente dal reticolo di drenaggio della bonifica di cui gli elementi principali più prossimi sono il Fosso Raso, 1,4 km ad ovest, il Collettore Acque Basse Reggiane, 3 km a NO, ed il Collettore Acque Basse Modenesi, 1,7 km ad est.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991-2008, da precipitazioni totali annue di circa 600-700 mm e temperature medie annue di 14-15°C¹, pari, rispettivamente, ad una variazione di -150 ÷ -100 mm e +1 ÷ +1,25°C rispetto al periodo 1961-1990.

Nella cartografia regionale, l'area è compresa nella Tavola alla scala 1:25.000 nr. 183SE denominata "Novi di Modena" (Figura 1), nella Sezione alla scala 1:10.000 nr. 183110 denominata "Novi di Modena" e nell'Elemento alla scala 1:5.000 nr. 183111 denominato "Novi di Modena" (Figura 2).

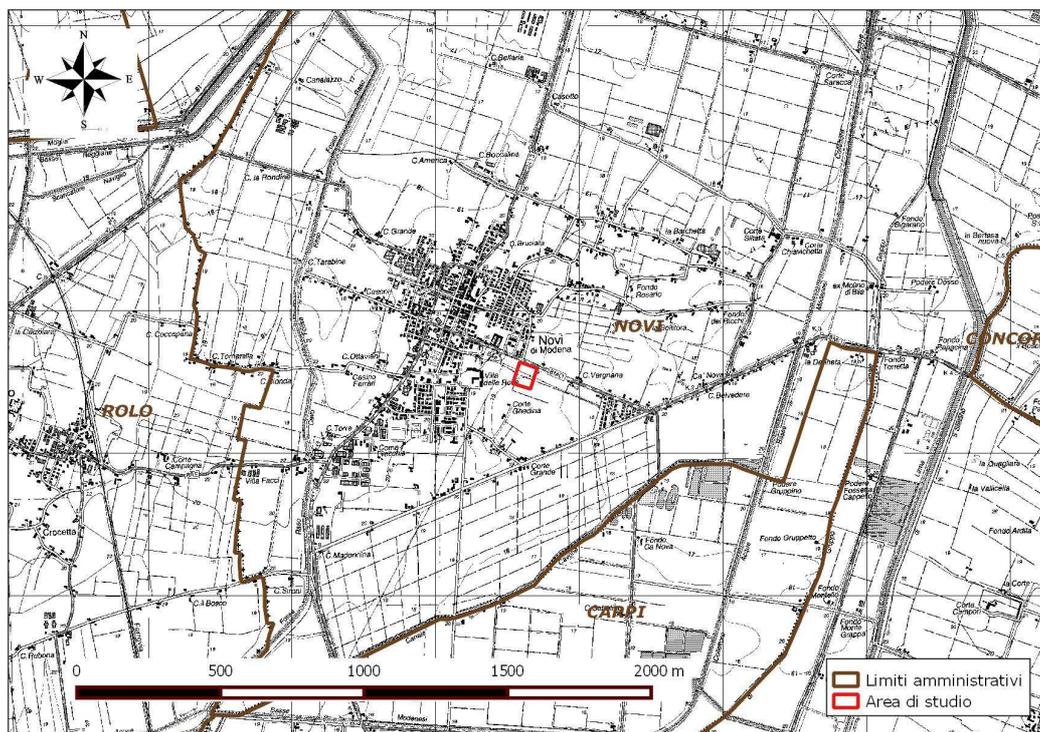


Figura 1 - Inquadramento geografico su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:25.000 – Tavola nr. 183SE denominata "Novi di Modena".

¹ Atlante Idroclimatico dell'Emilia-Romagna - <http://www.arpa.emr.it/sim/?clima>

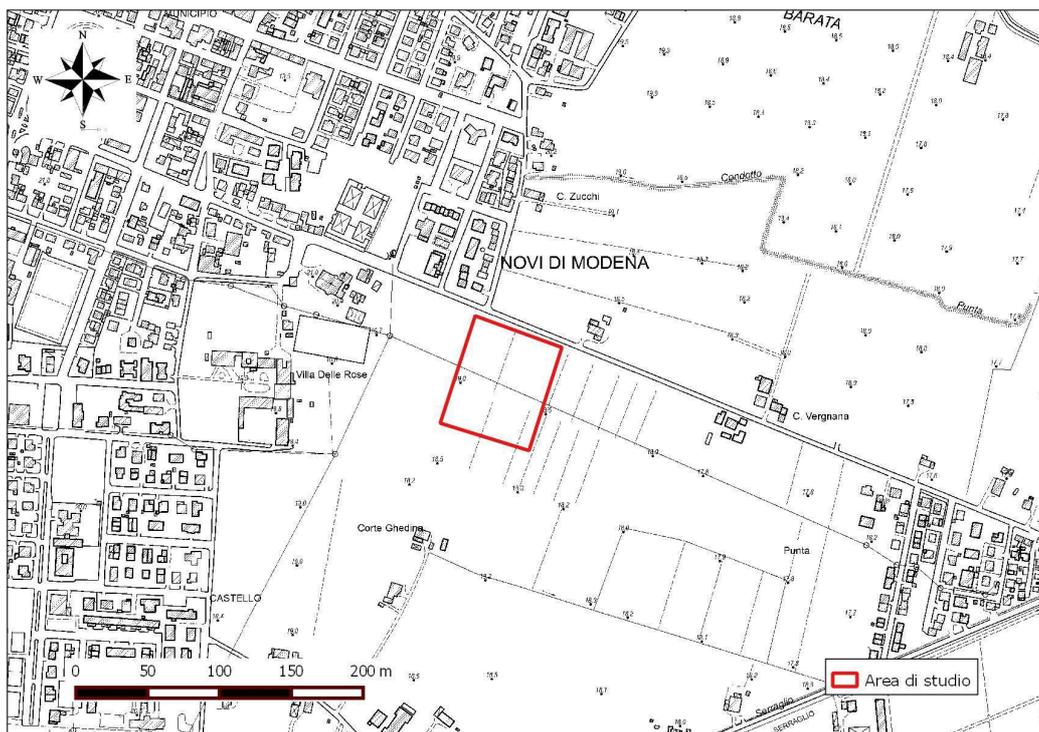


Figura 2 - Ubicazione dell'area d'indagine su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:5.000 - Elemento nr. 183111 denominato "Novi di Modena".



Figura 3 - Ubicazione dell'area d'indagine su ortofoto satellitare (fonte: Ortofoto multifunzione EMILIA-ROMAGNA - AGEA 2011 - RGB).

Il progetto prevede l'inserimento dell'area all'interno del Piano Comunale di Ricostruzione post eventi sismici del maggio-giugno 2012, destinandola alla realizzazione di una nuova casa protetta per anziani.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda la litologia superficiale, l'esame del Foglio geologico nr. 74 "Reggio nell'Emilia" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 (Figura 4) mostra come l'area in esame si trovi in una zona in cui prevalgono in superficie, litologie fini, principalmente argillose (a_2).

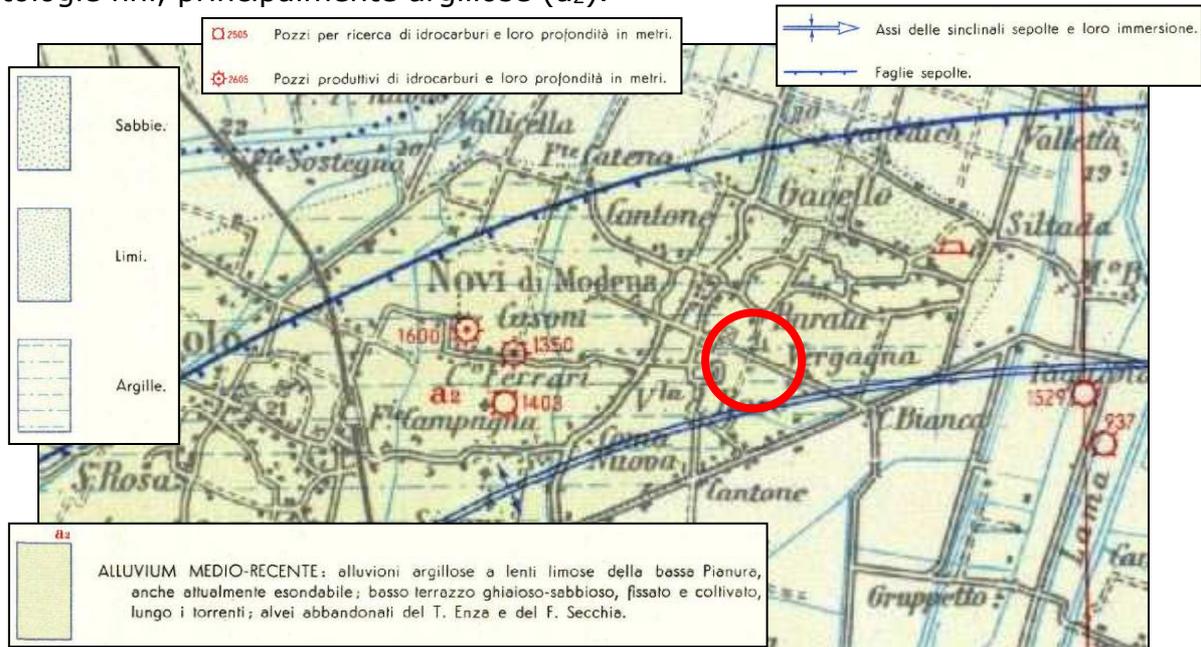


Figura 4 – Stralcio del Foglio nr. 74 "Reggio nell'Emilia" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000. Il cerchio rosso individua l'area di studio.

Il quadro litologico superficiale del Foglio 75 viene in parte modificato dall'elaborazione di dati litologici puntuali nella "Carta della litologia di superficie della pianura modenese" di Figura 5 (Giusti, 2001)², che, per quanto riguarda l'area di studio, identifica una zona di prossima transizione litologica tra depositi superficiali prevalentemente limosi (in corrispondenza dell'area di studio) e depositi prevalentemente sabbiosi (verso nord).

² Giusti, C. (2001) – Geomorfologia della pianura modenese e studio d'impatto ambientale del tracciato ferroviario ad alta velocità nel territorio di Castelfranco Emilia. Tesi Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra – XIV Ciclo 1998-2001. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, 193 pp.

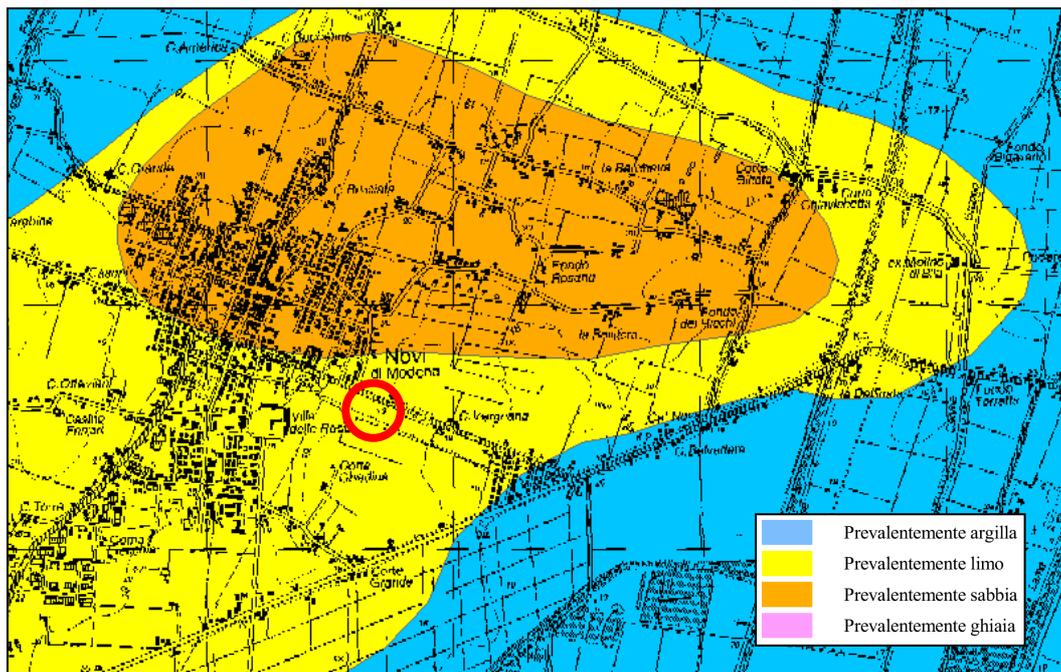


Figura 5 – Stralcio della “Carta della litologia di superficie della pianura modenese” (Giusti, 2001). Il cerchio rosso individua l’area di studio.

Dal punto di vista geomorfologico, l’area in studio si sviluppa in un contesto caratterizzato dalla presenza di forme superficiali legate alla paleo-dinamica fluviale (Figura 6). In particolare, il settore meridionale del Capoluogo è attraversato da un dosso fluviale di altezza minore di 2 m, di direzione all’incirca SO-NE; l’area di studio risulta adiacente al limite orientale di tale dosso ed interna ad un’ampia area morfologicamente depressa che, a partire da Carpi si estende in direzione nord fino al confine di Regione.

In merito all’idrografia, il sistema idrografico è rappresentato essenzialmente dal reticolo di drenaggio della bonifica di cui gli elementi principali più prossimi sono il Fosso Raso, 1,4 km ad ovest, il Collettore Acque Basse Reggiane, 3 km a NO, ed il Collettore Acque Basse Modenesi, 1,7 km ad est.

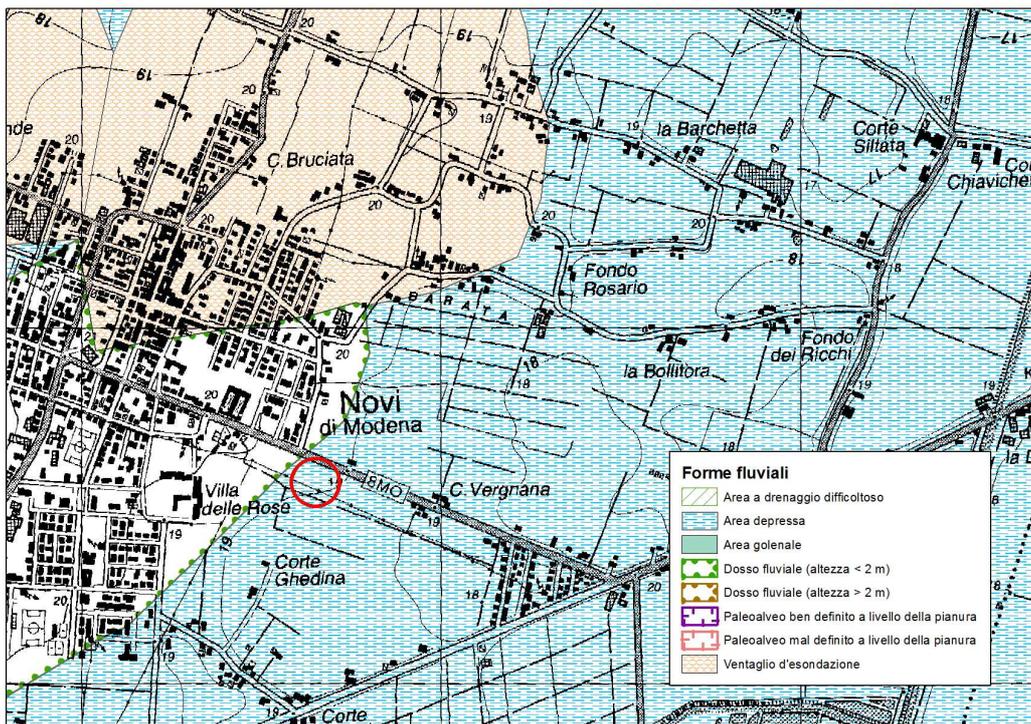


Figura 6 – Stralcio della “Carta geomorfologica della pianura modenese” (Giusti, 2001). Il cerchio blu individua l’area di studio.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, si è fatto riferimento ai dati contenuti nella relazione geologica a corredo del PRG comunale (1999) da cui si evince, per l’area in esame, una soggiacenza della falda mediamente rinvenibile fra -2 e -2,5 m dal p.d.c. Durante i rilevamenti della variante di PRG precedente (1984) le quote di soggiacenza corrispondevano mediamente a -2 e -2,5 m dal p.d.c., mostrando, pertanto, in relazione all’intervallo temporale considerato (1984 - 1998), un campo di escursione della falda freatica praticamente nullo.

In occasione dell’esecuzione delle prove penetrometriche statiche in corrispondenza dell’area di studio, la falda è stata intercettata a **-1,1 m** dal piano campagna.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

In data 9/03/2015 è stata eseguita un'indagine geognostica nell'area in oggetto al fine di analizzare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni che saranno interessati dalla trasformazione in progetto.

L'indagine è stata condotta mediante l'esecuzione di 2 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU). L'ubicazione delle prove eseguite è mostrata nella planimetria riportata in Figura 7, mentre i diagrammi penetrometrici, unitamente ai tabulati di campagna, sono riportati in Allegato 2. In Figura 8 è possibile osservare la presenza di un'ampia estensione di terreno arato, che ha impedito l'esecuzione delle indagini penetrometriche all'interno dell'area di studio.

Le prove, che hanno raggiunto una profondità massima di 20 m dal piano di campagna, sono state eseguite utilizzando un piezocono G1-CPL2IN, con le seguenti caratteristiche tecniche:

PUNTA CONICA

Diametro Punta conica	35,7 mm
Altezza nominale	30,9 mm
Angolo di apertura punta	60°
Area nominale	1000 mm ²
Altezza filtro	5 mm
Diametro interno filtro	27 mm
Distanza filtro-base cono	4 mm
Altezza quadring	3,5 mm

PIEZOCONO

Area di punta	10.00 cm ²
Diametro	35.70 mm
Area netta (AN)	6.60 cm ²
Superficie manicotto	150.00 cm ²
Lunghezza manicotto	133.70 mm
Area superiore manicotto (F sup.)	2.22 cm ²
Area inferiore manicotto (F inf.)	3.31 cm ²
Lunghezza totale piezocono	600.00 mm
Peso complessivo	3.00 Kg
Lunghezza raccordo punta - aste	250.00 mm

Passo letture	2 cm
---------------	------



Figura 7 – Ubicazione dei sondaggi penetrometrici e delle indagini geofisiche – MASW e HVSR.



Figura 8 – Ubicazione delle indagini CPTU.

Dal punto di vista litostratigrafico, oltre lo strato di suolo superficiale, le prove penetrometriche (Tabella 1 e Tabella 2) hanno evidenziato la presenza di uno strato superficiale costituito da sabbie limose e limi sabbiosi, di spessore variabile tra 1 m e 4 m procedendo da N a S. Oltre tale strato vi è una sequenza di alternanze fra argille e argille limose fino a circa -10 m, con la presenza, solo nella CPTU-2, di uno strato di circa 1 m di spessore, costituito da sabbie limose e limi sabbiosi, tra -8 e -9 m. Da -10 m a -20 m è presente, in entrambe le verticali, una successione di strati sabbiosi e sabbioso-limosi, con 2 sottili strati argillosi tra -19 e -20 m, nella sola CPTU-1. Durante l'esecuzione delle prove, il tetto della falda è stato intercettato a -1,1 m dal piano campagna.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA PER UN'AREA DA DESTINARE ALLA COSTRUZIONE
DI UNA NUOVA CASA PROTETTA INTERCOMUNALE, COMUNE DI NOVI DI MODENA (MO)

Strato	Prof.	Q _t	f _s	SBTn num.	SBTn descr.	E _s	D _r	φ	M	G ₀	S _u	O.C.R.
	m	MPa	kPa			MPa	%	°	MPa	MPa	kPa	
1	0,44-1,1	1,62 ± 0,08	16,67 ± 5,26	5	Sabbie limose e limi sabbiosi	21,88 ± 1,95	30,36 ± 0,76	34,2 ± 0,24	22,62 ± 1,19	27,42 ± 2,45	...	...
2	1,1-2,72	1,08 ± 0,11	24,28 ± 7,33	4	Argille e argille limose	21,27 ± 1,54	...	...	14,63 ± 1,51	27,76 ± 2,79	80,12 ± 10,23	10,2 ± 1,66
3	2,72-4,04	1,5 ± 0,29	34,23 ± 8,58	4	Argille e argille limose	30,38 ± 1,77	...	...	20,09 ± 4,05	33,78 ± 4	105 ± 22,03	14,3 ± 3,79
4	4,04-6,32	1,11 ± 0,15	36,4 ± 13,17	4	Argille e argille limose	19,67 ± 0,39	...	...	14,31 ± 1,96	32,11 ± 4,89	71,37 ± 10,76	8,52 ± 1,46
5	6,32-7,74	1,52 ± 0,21	61,51 ± 11,75	3	Argille	...	...	...	19,61 ± 2,82	44,67 ± 4,17	93,47 ± 15,99	9,55 ± 1,48
6	7,74-8,06	1,08 ± 0,17	23,26 ± 10,88	4	Argille e argille limose	...	...	...	12,23 ± 3,4	31,17 ± 2,74	72,31 ± 23,08	5,95 ± 2,18
7	8,06-9,92	1,81 ± 0,37	49,03 ± 18,95	4	Argille e argille limose	41,04 ± 3,53	...	...	23,16 ± 5,15	47,07 ± 7,46	119,23 ± 27,92	9,88 ± 2,77
8	9,92-11,8	5,86 ± 1,79	15,36 ± 7,78	6	Sabbie e sabbie limose	40,99 ± 5,6	42,28 ± 6,01	37,33 ± 1,43	49,8 ± 8,95	51,1 ± 7,06	...	...
9	11,8-19,12	11,66 ± 3,27	22,65 ± 7,88	6	Sabbie e sabbie limose	58,55 ± 8	53,99 ± 7,16	39,68 ± 1,2	73,25 ± 9,96	73,25 ± 9,96	...	...
10	19,12-20	3,43 ± 4,64	36,5 ± 29,38	5	Sabbie limose e limi sabbiosi	57 ± 12,48	46,06 ± 4,56	38,17 ± 0,9	25,19 ± 33,39	68,54 ± 11,17	...	...

Tabella 1 – Modello geotecnico in corrispondenza della CPTU-1.

Strato	Prof.	Q _t	f _s	SBTn num.	SBTn descr.	E _s	D _r	φ	M	G ₀	S _u	O.C.R.
	m	MPa	kPa			MPa	%	°	MPa	MPa	kPa	
1	0,44-2,64	1,29 ± 0,31	19,57 ± 10,63	5	Sabbie limose e limi sabbiosi	20,47 ± 2,78	27,95 ± 3,51	33,38 ± 1,19	17,57 ± 4,6	27,16 ± 4,24	...	...
2	2,64-4,04	2,55 ± 1,45	21,96 ± 10,26	5	Sabbie limose e limi sabbiosi	26,74 ± 6,98	37,1 ± 9,14	36,03 ± 2,38	30,24 ± 11,34	33,52 ± 8,74	...	...
3	4,04-4,54	0,77 ± 0,06	25,19 ± 3,18	3	Argille	...	...	...	9,35 ± 1,35	25,55 ± 1,59	48,33 ± 4,17	5,42 ± 0,58
4	4,54-6,22	1,11 ± 0,22	28,11 ± 8,4	4	Argille e argille limose	22,08 ± 0,31	...	...	13,99 ± 3,37	29,57 ± 4,55	75,26 ± 16,24	8,91 ± 2,11
5	6,22-7,54	1,32 ± 0,17	58,89 ± 8,23	3	Argille	...	...	...	16,9 ± 2,33	41,7 ± 4,06	78,81 ± 11,44	8,16 ± 1,04
6	7,54-8,26	1,83 ± 0,13	40,27 ± 17,86	4	Argille e argille limose	...	...	...	23,84 ± 1,76	42,41 ± 5,11	120,34 ± 16,88	11,76 ± 1,65
7	8,26-9,1	3,42 ± 0,81	28,71 ± 9,88	5	Sabbie limose e limi sabbiosi	37,5 ± 4,54	34,62 ± 4,11	35,43 ± 1,22	42,54 ± 9,22	47 ± 5,69	...	...
8	9,1-9,76	2,03 ± 0,05	88,08 ± 1	3	Argille	...	...	...	26,16 ± 0,77	61 ± 0,57	122,62 ± 4,13	9,48 ± 0,41
9	9,76-10,34	1,75 ± 0,13	65,42 ± 10,45	3	Argille	...	...	...	22,14 ± 1,79	53,25 ± 3,47	106,81 ± 7,39	7,7 ± 0,81
10	10,34-20	11,16 ± 3,01	20,28 ± 10,47	6	Sabbie e sabbie limose	56,66 ± 9,06	53,43 ± 6,76	39,58 ± 1,18	70,43 ± 11,93	70,69 ± 11,53	...	...

Tabella 2 - Modello geotecnico in corrispondenza della CPTU-2.

Prof:	Profondità strato
Q _t :	Resistenza alla punta corretta per la pressione interstiziale
SBTn num:	Soil Behavior Type (numero)
SBTn descr:	Soil Behavior Type (descrizione litologica)
E _s :	Modulo di Young
D _r :	Densità relativa
φ:	Angolo di attrito drenato, di picco
M:	Modulo confinato 1-D
G ₀ :	Modulo di taglio a basse deformazioni
S _u :	Resistenza al taglio non drenata, di picco
O.C.R.:	Rapporto di sovraconsolidazione

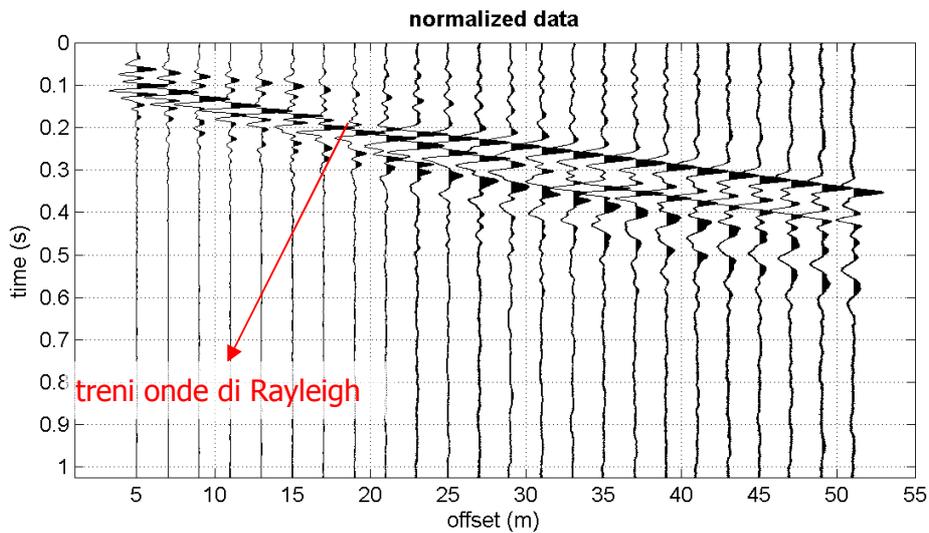
Dal punto di vista geotecnico, le prove effettuate hanno evidenziato, nello strato incoerente più superficiale, valori medi di densità relativa piuttosto bassi, compresi tra 28 e 40%. Negli strati argillosi si alternano, per la CPTU-1, valori medi di coesione non drenata da mediocri a buoni, con minimi intorno a 70 kPa e massimi prossimi a 100 kPa; per la CPTU-2 i valori di c_u sono relativamente più bassi nei primi 8 m, ma oltre tale profondità, come per la CPTU-1, salgono fino a valori buoni. I valori medi di densità relativa dei 10 m basali di sabbie e sabbie limose è prossima al 50%, con angoli di attrito drenato, di picco, prossimi a 40°. Considerando i valori di R_p medio, nei primi 10 m sono variabili tra 10 e 20 kg/cm², per poi salire fino a medie di 120 kg/cm² nello strato sabbioso compreso tra -10 m e -20 m.

4. INDAGINE SISMICA

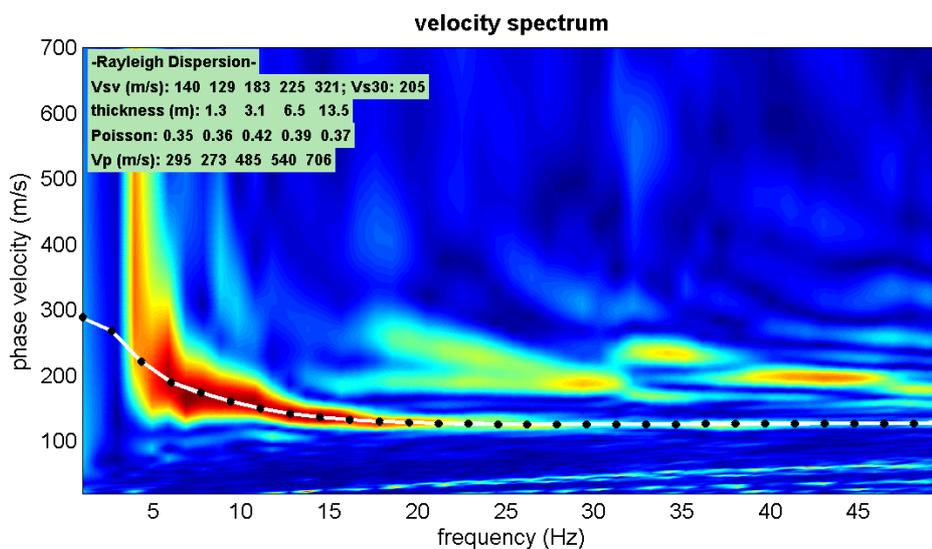
Per la classificazione sismica dei terreni è stato eseguito, sempre in data 9/03/2015, uno stendimento sismico composto da 24 geofoni; mediante la metodologia d'analisi MASW del segnale registrato dai geofoni, è stato possibile

individuare la sismostratigrafia dell'area nei primi 30 m e calcolare il parametro di normativa V_{s30} .

L'indagine sismica è stata eseguita su terreno "naturale", in prossimità dell'area di studio (Figura 7). Essa ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità delle onde di taglio, permettendo di calcolare un valore di V_{s30} pari a **205** m/sec, che inserisce il terreno di fondazione all'interno della classe **C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).*



- sismogramma -



-diagramma della curva di dispersione-

e

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
1.3	1.3	140
4.4	3.1	129
10.9	6.5	183
24.4	13.5	225
30.0	5.6	321

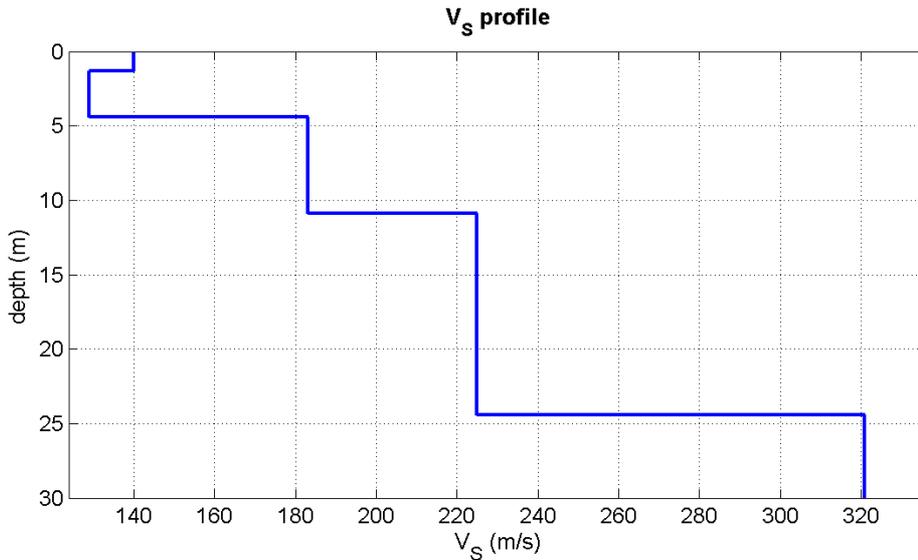


Diagramma velocità Vs/profondità

L'analisi HVSr, di cui si riportano i dati di campagna e di calcolo in Allegato 3, ha restituito una frequenza di vibrazione naturale del terreno pari a **0,7 Hz**, in corrispondenza del picco di H/V di ampiezza pari a 4,8 Hz. Tale risultato, identico a quello ricavato dalla regione Emilia-Romagna alcune centinaia di metri ad ovest dell'area di studio, rappresentato nella "Carta delle frequenze naturali del terreno" per il cratere sismico degli eventi 2012, permette di ipotizzare la profondità del bedrock sismico a circa **-75 m** dal piano campagna, consistente con la profondità del tetto dell'alto strutturale, ricavabile dalla sezione 026 e dalla stratigrafia del pozzo Agip "Novi Modenese 1" di Figura 13.

5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base è quella componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. Essa fornisce, in termini probabilistici, per una certa regione e per un determinato periodo di tempo, i valori, corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto. Si riferisce a condizioni ideali di suolo roccioso affiorante e privo di irregolarità morfologiche e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento atteso al sito.

Tali caratteristiche sono definite³ quando sono noti l'accelerazione di picco orizzontale ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, entrambi riferiti a condizioni di suolo rigido e superficie topografica orizzontale.

La possibilità di descrivere l'azione sismica in forma di accelerogrammi è ammessa solo a condizione che essi siano compatibili con le predette caratteristiche del moto sismico.

La pericolosità sismica di base è definita secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV, disponibili sul sito web⁴ nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". In tali mappe, la pericolosità si sgancia dalle divisioni amministrative e viene distribuita sui 10751 nodi, a distanza reciproca non superiore a 10 km, di un reticolo geografico regolare. Ogni nodo è caratterizzato da specifiche curve di pericolosità che definiscono la frequenza media annua di occorrenza di una serie di terremoti caratterizzati da diversi livelli di severità, espressa, ad esempio, in termini di a_g .

Anche la definizione di spettro elastico (attraverso 3 parametri di controllo) varia da punto a punto del reticolo e in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica.

Dal punto di vista temporale, la pericolosità non è più definita con riferimento ad un singolo valore del *periodo di ritorno*, $T_R = 475$ anni⁵, ma in corrispondenza di 9 valori, ovvero $T_R = 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975$ e 2475 anni. Questo coerentemente con un *approccio prestazionale alla progettazione*, basato sull'assunzione che, a fronte di un'azione sismica di intensità variabile e pertanto caratterizzata da un periodo di ritorno variabile, si richiedano alle strutture livelli di prestazione diversi.

I 3 parametri che definiscono la pericolosità sismica di base, in condizioni ideali di sito di riferimento, sono a_g , F_0 e T^*_c , rispettivamente definiti come: *accelerazione orizzontale massima del terreno, valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale*.

Essi sono necessari per la definizione dello spettro di risposta elastico rispetto ad uno specifico periodo di ritorno. Per ogni nodo del reticolo INGV sono forniti i grafici relativi alle curve di pericolosità e gli spettri di risposta a pericolosità uniforme (isoprobabili), corrispondenti alle diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.

Si fa notare che, qualora il periodo di ritorno calcolato nell'approccio prestazionale fosse inferiore al valore minimo nello studio di pericolosità sismica dell'INGV (30 anni) o superiore al valore massimo considerato (2475 anni), si porrà pari a 30 anni nel primo caso e pari a 2475 anni nel secondo caso.

5.1. Definizione dell'azione sismica di base per l'area di studio

I parametri di pericolosità sismica possono essere automaticamente ricavati, come espresso nella Circolare NTC08, dal software "Azioni sismiche - Spettri di

³ Per una prefissata P_{VR} .

⁴ <http://esse1.mi.ingv.it/>

⁵ Considerato internazionalmente come il livello di pericolosità di riferimento per la progettazione di edifici ordinari allo stato limite ultimo.

risposta" scaricabile dal sito web⁶ del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che effettua le operazioni di interpolazione sia geografica, sia temporale richieste per la valutazione dell'azione sismica.

Come risultato, il software restituisce i 9 spettri di risposta elastici delle NTC08 (su roccia) e i 9 spettri a pericolosità uniforme dai quali sono stati derivati, per il sito in questione⁷ e per i 9 periodi di ritorno considerati.

Si riportano, di seguito, i valori dei parametri di riferimento che definiscono gli spettri di risposta elastici caratteristici del sito in esame per i 9 periodi di ritorno di riferimento (Tabella 3).

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0.038	2.580	0.244
50	0.047	2.537	0.267
72	0.055	2.514	0.276
101	0.066	2.483	0.281
140	0.078	2.515	0.274
201	0.093	2.589	0.267
475	0.138	2.579	0.269
975	0.188	2.533	0.275
2475	0.271	2.446	0.287

Tabella 3 - Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

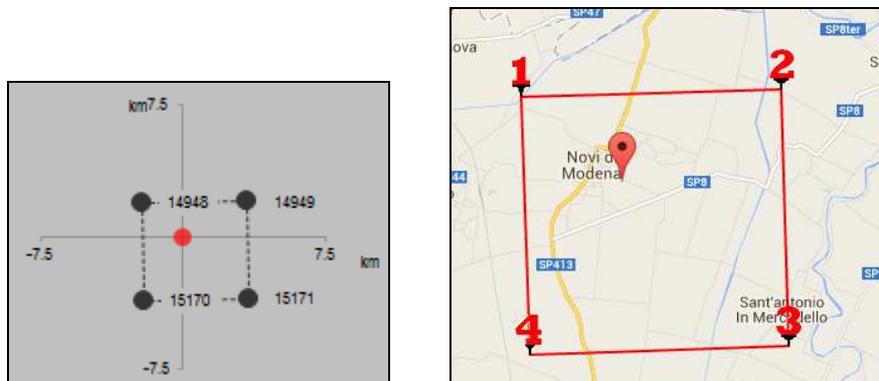


Figura 9 - Ubicazione geografica dei 4 punti della griglia INGV entro i quali ricade il sito in esame e distanza relativa del sito da essi.

5.2. Scelta della strategia di progettazione

L'associazione tra i livelli prestazionale definiti per una data struttura e la severità dello scuotimento sismico dipende dall'importanza dell'opera considerata.

In particolare, le NTC08 prevedono che l'azione sismica sia associata ad un *periodo di riferimento* (V_R) dell'opera e ad una prefissata probabilità di eccedenza, cui è abbinato un periodo di ritorno T_R . V_R definisce il periodo di

⁶ <http://www.cslp.it/>

⁷ Coordinate geografiche del sito: (LAT: 44.889839; LONG: 10.907515)

osservazione per l'accadimento di terremoti di severità prefissata in base a T_R , mentre *allo stato limite è associata la probabilità di eccedenza*, durante tale periodo, dell'azione sismica da considerare.

Per ogni tipo di costruzione, V_R è ottenuto come prodotto della *vita nominale dell'opera* (V_N) per il *coefficiente della classe d'uso* (C_u) della stessa e non può essere inferiore a 35 anni.

La V_N è indicata espressamente negli elaborati di progetto e, per il caso in esame risulta essere pari a **$V_N = 50$ anni**⁸. Essa definisce la durata della vita di progetto della struttura.

Le diverse strutture sono suddivise in *classi d'uso*, sulla base del livello di affollamento tipicamente presente nell'opera e delle possibili conseguenze, in termini sia di vittime, sia di rischi per l'ambiente, derivabili da un eventuale collasso o, comunque, da un'interruzione d'uso. A ciascuna classe d'uso è associato un valore del *coefficiente d'uso* C_u .

Nel caso in esame, la classe d'uso è la **III**⁹, corrispondente ad un coefficiente d'uso C_u pari a **1,5**.

Da qui deriva, per la struttura in esame, un V_R pari a **75**.

Da un punto di vista prestazionale, la filosofia che sta alla base della definizione degli stati limite prevede che la struttura rimanga operativa, o comunque subisca danni tali da non comprometterne significativamente la resistenza, nel caso di terremoti meno severi e pertanto con una più elevata probabilità di verificarsi nel periodo di riferimento della struttura (superiore al 63%). Per contro, si accettano danni più significativi, sempre però garantendo la salvaguardia della vita degli occupanti, nel caso si verifichi un terremoto più severo, cui è associata una probabilità di occorrenza significativamente più bassa (5-10%) durante il periodo di riferimento dell'opera.

Per questo, ad ogni SL è associata una *probabilità di eccedenza* P_{VR} che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento V_R , di almeno un sisma avente periodo di ritorno T_R :

Stato Limite di Operatività	(SLO) - 81%
Stato Limite di Danno	(SLD) - 63%
Stato Limite di salvaguardia della Vita	(SLV) - 10%
Stato Limite di prevenzione del Collasso	(SLC) - 5%

Identificati V_R e P_{VR} , il periodo di ritorno dell'azione sismica, da considerare per l'opera in esame e per i diversi SL, può essere calcolato sulla base della relazione biunivoca riportata di seguito:

$$T_R = - \frac{V_R}{\dots}$$

⁸ Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

⁹ Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_u = 1,5$.

$$\ln(1-P_{VR})$$

Dall'equazione di cui sopra si ottengono le relazioni tra il periodo di ritorno e il periodo di riferimento per i 4 SL e i rispettivi parametri d'azione.

Per il sito in esame si riportano di seguito la tabella dei parametri d'azione e gli spettri elastici per i 4 periodi di ritorno e per i 4 SL:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0.045	2.545	0.262
SLD	75	0.057	2.509	0.276
SLV	712	0.164	2.553	0.273
SLC	1462	0.220	2.495	0.280

Tabella 4 - Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento associati a ciascun SL.

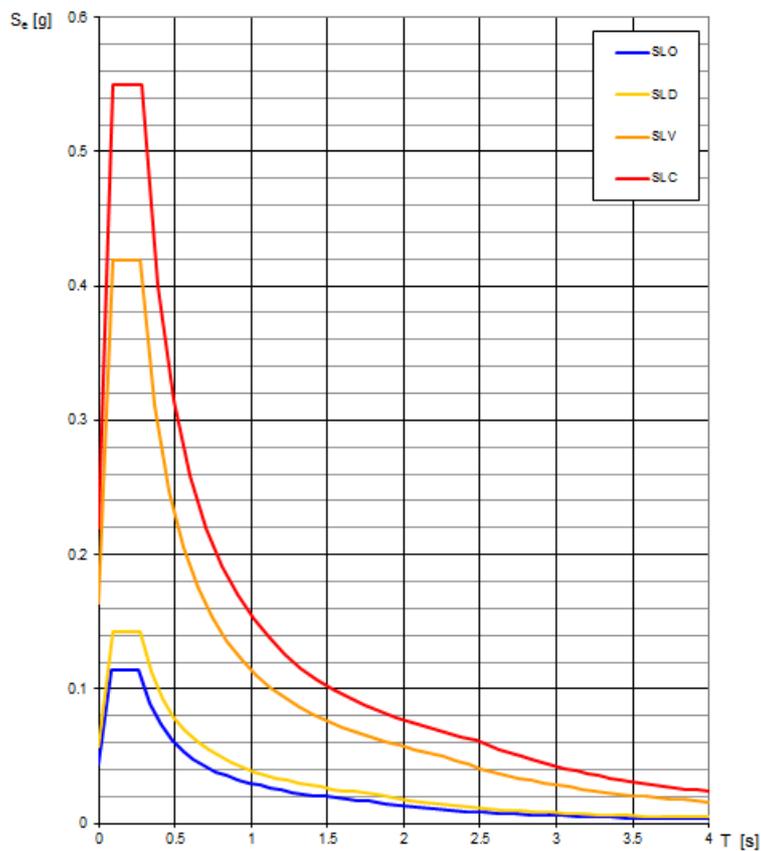


Figura 10 - Spettri di risposta elastici per i 4 Stati Limite

6. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

L'utilizzo degli spettri di risposta elastici precedentemente descritti corrisponde ad esigere che, durante un terremoto di prefissata severità, la struttura in progetto (o esistente) mantenga un comportamento elastico lineare, evitando in tal modo qualsiasi alterazione della sua integrità. Questa filosofia, evidentemente molto gravosa dal punto di vista economico, viene di fatto utilizzata soltanto nel caso di strutture particolari, il cui danneggiamento anche lieve può provocare conseguenze molto gravi alla società. A parte questi casi di strutture particolari, tipicamente si ammette che, sotto l'azione del terremoto, la struttura possa uscire dal campo elastico e sia in grado di sfruttare le proprie risorse in campo inelastico. In altre parole, è consentito progettare una struttura per un livello di azione sismica più moderata rispetto a quella corrispondente ad un comportamento puramente elastico, ammettendo che, oltre il limite elastico, la struttura abbia un comportamento duttile e dissipativo.

Per *duttilità* si intende la capacità di una struttura di deformarsi anche dopo la plasticizzazione del primo elemento, senza raggiungere la rottura in modo fragile. A parità di duttilità, le strutture possono tuttavia rispondere in modo diverso, in relazione alla loro capacità di dissipare l'energia di deformazione accumulata nei cicli di carico e scarico indotti dal terremoto.

La filosofia delle normative più recenti, incluse le NTC08, è di mirare alla realizzazione di strutture con un prefissato livello di duttilità e con un'opportuna capacità dissipativa, grazie alla quale la struttura sia in grado di esibire riserve di resistenza oltre il limite di plasticizzazione del primo elemento, prima che si formi un meccanismo di collasso controllato, in accordo al criterio di gerarchia delle resistenze. Poiché dunque tali strutture, se correttamente progettate, possono attingere a risorse ulteriori una volta raggiunta la resistenza massima, per le strutture con adeguato comportamento dissipativo, le forze corrispondenti ad una risposta puramente elastica (risultati perciò dall'applicazione dello spettro di risposta elastico) possono essere ridotte.

In particolare, si dividono le ordinate dello spettro di risposta elastico per un coefficiente, detto *fattore di struttura* (q), il cui valore dipende dal materiale, dal tipo di sistema strutturale adottato e dal suo grado di iperplasticità.

Nella definizione degli spettri di risposta di progetto, le NTC08 adottano questa filosofia¹⁰.

Gli spettri di risposta di progetto in accelerazione per le componenti orizzontali, da utilizzare per la verifica degli stati limite ultimi, possono essere pertanto definiti solo qualora il progettista abbia calcolato il *fattore di struttura* (q), definito nel capitolo 7 delle NTC08 (punto 7.3.1), per le strutture dissipative.

Per la componente verticale dell'azione sismica, a meno di adeguate analisi giustificative, le NTC08 stabiliscono di utilizzare sempre un fattore di struttura $q = 1.5$, per qualunque tipologia strutturale e di materiale. Fanno eccezione i ponti, per i quali si richiede di adottare $q = 1$.

¹⁰ Le righe di questo capitolo, fino alla presente nota, sono in gran parte state trascritte, integralmente, dalla seguente pubblicazione: C.G. Lai, S. Foti e M. Rota (2009) – Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione. IUSS Press, 312 p.

Per gli stati limite di esercizio, le NTC08 stabiliscono di utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per quelle verticali, gli spettri di progetto elastici riferiti al periodo di ritorno corrispondente a ciascun stato limite. Secondo le NTC08 questo avviene indipendentemente dal fatto che le strutture siano dissipative o non dissipative. Pertanto, nel caso degli stati limite di esercizio la risposta sismica della struttura è affidata esclusivamente alle sue caratteristiche di rigidezza e resistenza.

7. EFFETTI DI SITO

7.1. Amplificazione stratigrafica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui al paragrafo § 3.2.2. delle NTC08. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione $a_{max} = S_s \cdot a_g$ dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo (Tab. 3.2.III - § 3.2.2. delle NTC08), per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

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

Tabella 5 - Tab. 3.2.III - § 3.2.2. delle NTC08.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^*_c relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V (§3.2.3.2. delle NTC08), nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 6 - Tab. 3.2.V - § 3.2.3.2. delle NTC08.

Di seguito si riportano i valori del fattore di amplificazione stratigrafica S_s per il sito in esame, per la categoria di suolo "C" e per ogni Stato Limite, calcolati con l'approccio semplificato consentito dalle NTC08.

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLO	
a_g	0,045 g
F_0	2,545
T_C^*	0,262 s
S_s	1,5
C_c	1,634
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLD	
a_g	0,057 g
F_0	2,509
T_C^*	0,276 s
S_s	1,5
C_c	1,605
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLV	
a_g	0,164 g
F_0	2,553
T_C^*	0,273 s
S_s	1,448
C_c	1,613
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLC	
a_g	0,22 g
F_0	2,495
T_C^*	0,28 s
S_s	1,37
C_c	1,598
S_T	1

7.2. Amplificazione topografica

Considerando le condizioni topografiche e morfologiche dell'area di studio (pianura, superficie topografica sub-orizzontale), il coefficiente di amplificazione topografica S_T può essere assunto pari ad 1, sulla base delle categorie individuate dalle NTC08 (Tabella 7).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 7 – Tabelle 3.2.IV e 3.2.VI – NTC08.

7.3. Accelerazione massima orizzontale al suolo

La determinazione dell'**accelerazione massima orizzontale al sito**, per i 4 stati limite, sarà data dalla formula:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \cdot 9,81$$

e sarà rispettivamente pari a:

$$\text{SLO: } 0,66 \text{ m/sec}^2$$

$$\text{SLD: } 0,84 \text{ m/sec}^2$$

$$\text{SLV: } 2,33 \text{ m/sec}^2$$

$$\text{SLC: } 2,96 \text{ m/sec}^2$$

I **coefficienti sismici orizzontale e verticale**, per il sito in esame, sono dati rispettivamente dalle seguenti formule:

$$k_h = \frac{\beta_s \cdot a_{\max}}{g}$$

dove: β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0.30	0.28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0.27	0.24
$a_g (g) \leq 0,1$	0.20	0.20

$$K_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Pertanto, i coefficienti sismici orizzontali e verticali per i 4 stati limite saranno:

Stato limite	k_h	k_v
SLO	0,014	$\pm 0,007$
SLD	0,017	$\pm 0,009$
SLV	0,057	$\pm 0,028$
SLC	0,084	$\pm 0,042$

7.4. Rischio liquefazione

L'area di studio è compresa all'interno di una zona definita potenzialmente suscettibile di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna, dalla recente microzonazione sismica effettuata dalla Regione Emilia-Romagna per le aree interne al cratere degli eventi sismici di maggio - giugno 2012 - "Microzonazione sismica - Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione" (Figura 11), inserita nel PRG, Variante in adeguamento al Piano della Ricostruzione - 1° stralcio (ai sensi della L.R. n. 16/2012 "Norme per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 20 e 29 maggio 2012" e dell'Ordinanza commissariale n. 60/2013). I fattori di amplificazione sismica stimati sono:

FA-PGA: 1,7

FA-I_{H0,1-0,5}: 1,9

FA-I_{H0,5-1}: 2,6

In prossimità dell'area di studio, in particolare all'interno del nucleo abitato del Capoluogo, verso ovest, sono stati calcolati due indici di potenziale liquefazione pari a **3,32** e **3,64**, corrispondenti ad un rischio liquefazione moderato, entrambi calcolati sui 20 m di profondità.

In tale zona, secondo il documento, occorre valutare il fattore di amplificazione e verificare la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione; nel caso queste siano confermate, occorre stimare l'indice di liquefazione con approfondimenti di III livello.

In base ai risultati dei sondaggi penetrometrico effettuati per questo studio, sono stati individuati strati sabbiosi superficiali, nei primi 1-4 m e, in particolare, è stato individuato un potente spessore sabbioso tra -10 e -20 m.

Infine, durante l'esecuzione delle prove, è stata individuata la presenza di acqua di falda in prossimità della superficie topografica, ovvero a circa -1 m di profondità.

Tali risultati confermano la necessità di calcolare la pericolosità sismica locale attraverso un'analisi di risposta sismica locale di III livello, i cui risultati potranno portare sia ad una sovrastima che ad una sottostima del risultato ottenuto con l'utilizzo del metodo semplificato di normativa precedentemente esposto. L'area in esame risulta ubicata in un intorno molto ristretto dell'epicentro del recente sisma del 29 maggio 2012 per il quale è stata registrata una magnitudo di 5.8 e, in corrispondenza dell'area di studio, una accelerazione massima al suolo pari a $0,24g$ (sulla base dell'analisi delle *shake map* dell'INGV).

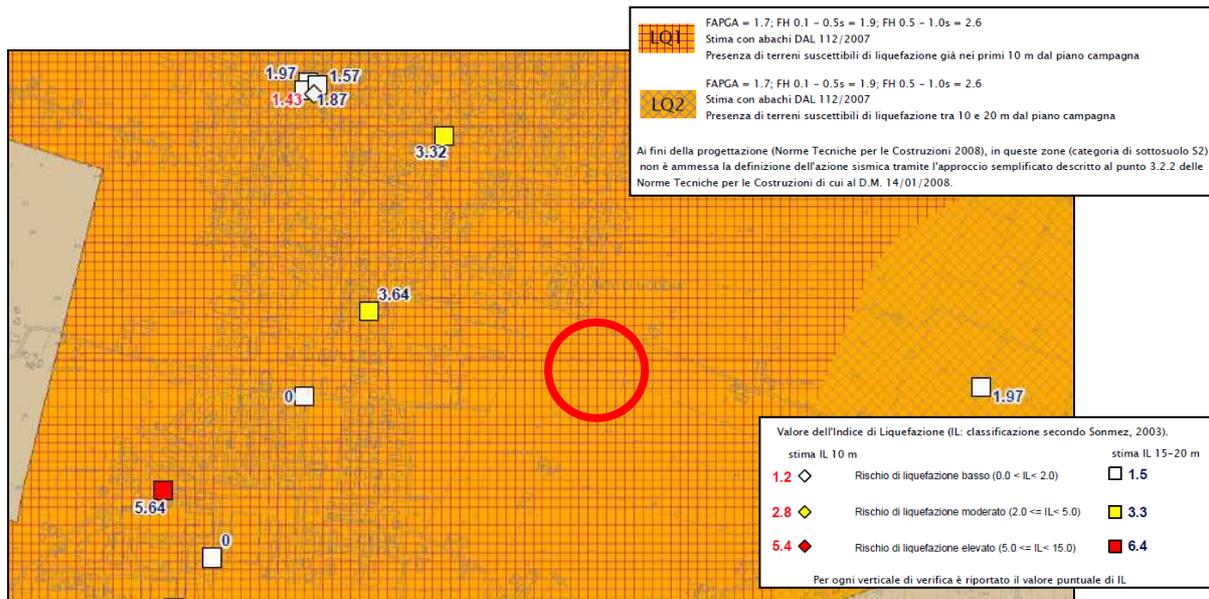


Figura 11 – Stralcio della “Microzonazione sismica - Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione” – Comune di Novi (MO). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

Un confronto diretto rispetto all'effettivo manifestarsi di fenomeni di liquefazione in superficie per l'area in esame proviene da una recente pubblicazione (Di Manna et al., 2012)¹¹ da cui è possibile osservare come i fenomeni di liquefazione cartografati in seguito agli eventi sismici del maggio – giugno 2012 non abbiano interessato l'area in questione (Figura 12).

11 Di Manna, P., Guerrieri, L., Piccardi, L., Vittori, E., Castaldini, D., Berlusconi, A., Bonadeo, L., Comerci, V., Ferrario, F., Gambillara, R., Livio, F., Lucarini, M. e Michetti, A.M. (2012) – Ground effects induced by the 2012 seismic sequence in Emilia: implications for seismic hazard assessment in the Po Plain. *Annals of Geophysics*, 55, 4, 697-703.

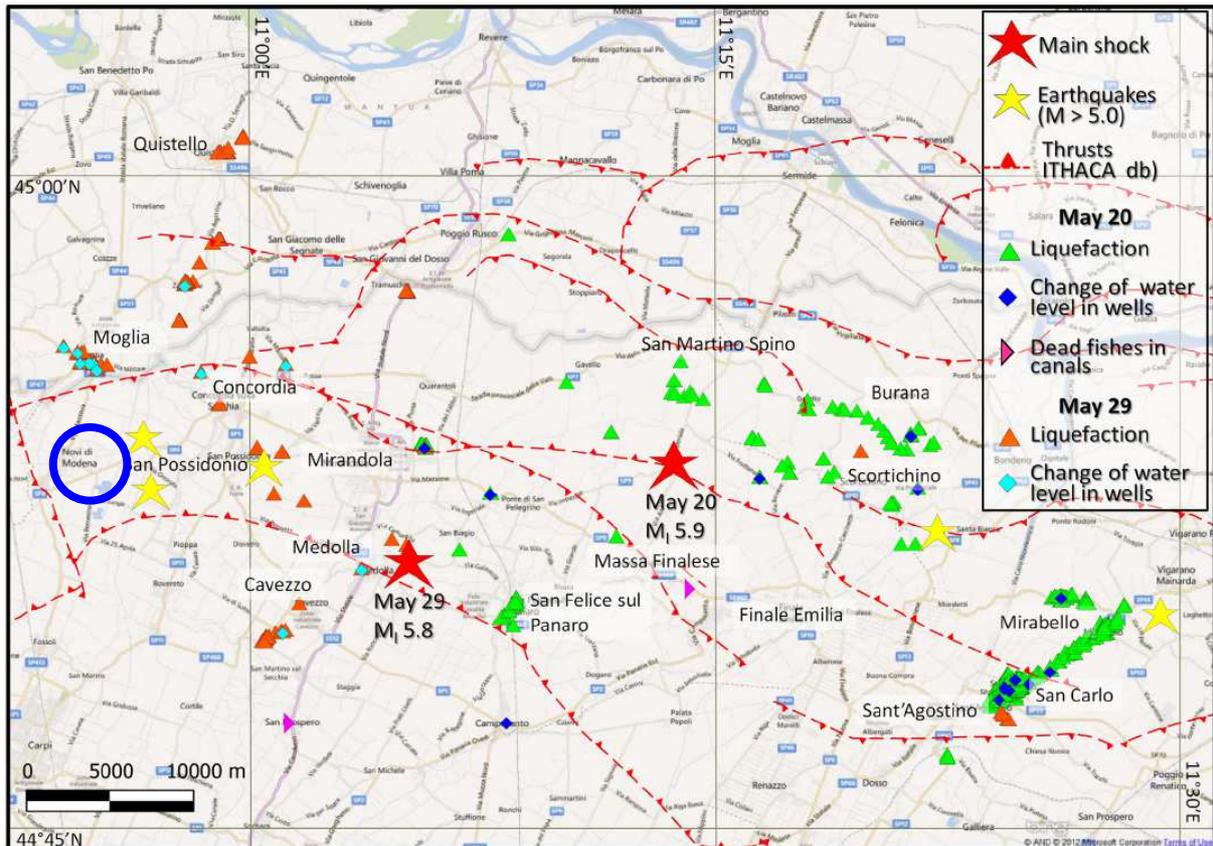


Figura 12 - Main shocks of the 2012 Emilia sequence and locations of coseismic effects. Red lines are buried thrusts, many of them judged capable of causing coseismic surface deformation (source: ITHACA). Tratto da: Di Manna et al., 2012. Il cerchio blu circonda l'area d'indagine.

7.4.1. Analisi di risposta sismica locale di III livello

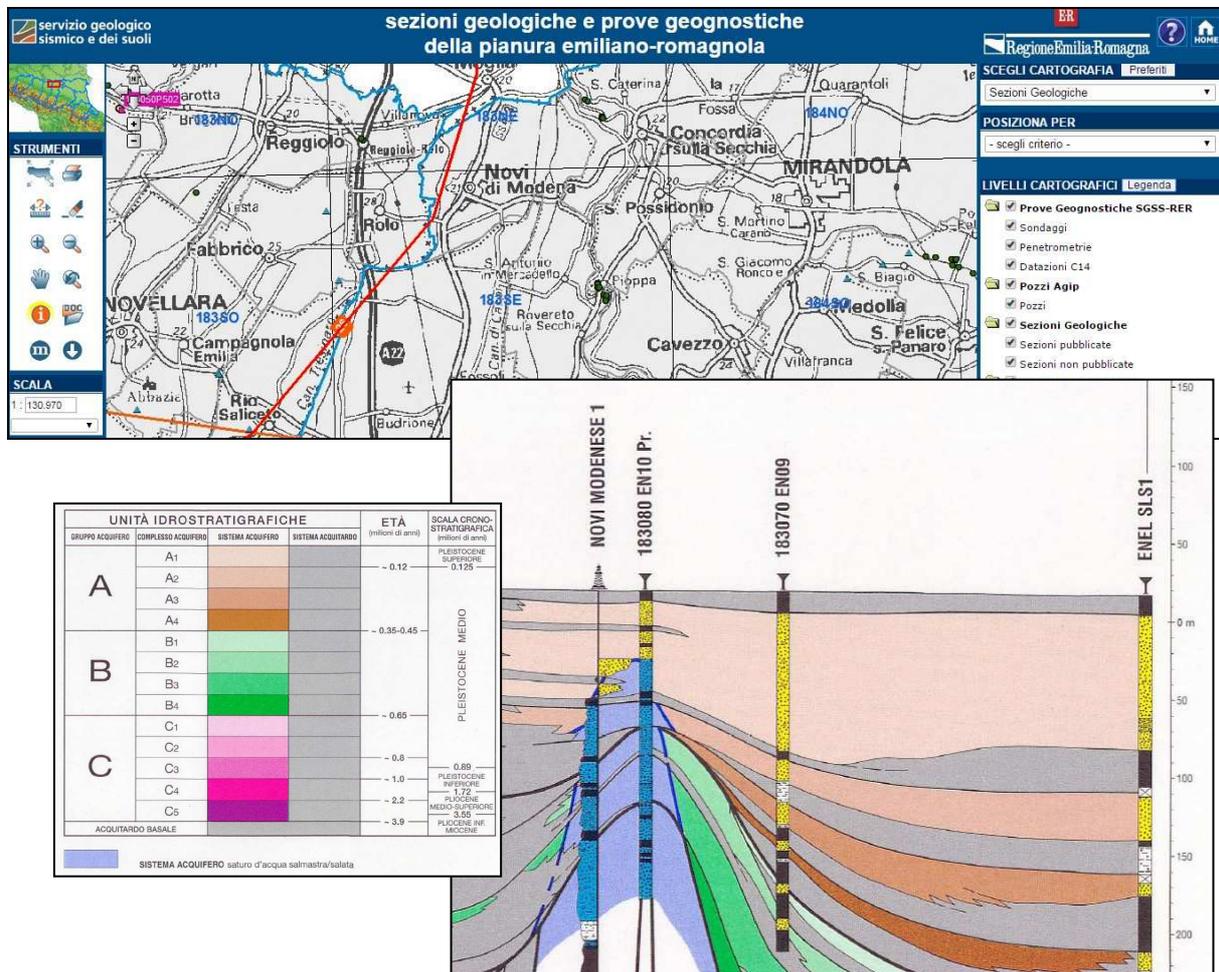
Il profilo stratigrafico è stato inserito, fino a -20 m, sulla base dell'elaborazione della prova penetrometrica CPTU-2 (in rosso in Tabella 8), ove maggiore è lo spessore cumulato di livelli sabbiosi/sabbioso limosi. Oltre tale profondità, fino a circa -60 m, la stratigrafia è stata assunta uguale a quella ricavabile dal pozzo per acqua del database regionale (si veda l'Allegato 1), ubicato circa 1,4 km a SO dell'area (codice pozzo: 183110P607). Da qui alla profondità stimata del bedrock sismico (circa -75 m, ovvero alla profondità del tetto dell'alto strutturale di Figura 13, corrispondente al picco di ampiezza del rapporto H/V a 0,7 Hz), la stratigrafia è stata assunta pari a quella ricavata dalla sezione geologica nr.026 di Figura 13. I valori di V_s , fino a -30 m, sono stati calcolati dal profilo MASW eseguito per questo studio; da -30 m al bedrock sismico stimato, i valori (in verde in Tabella 8) sono stati estrapolati attraverso una linea di tendenza calcolata sui primi 30 m. In modo conservativo, il valore della V_s per il bedrock sismico è stato assunto pari a 700 m/s, in linea con i valori ricavati nella stessa Relazione Illustrativa (pag. 21) della Regione Emilia-Romagna¹².

¹² Martelli L. & Romani M. (a cura di) (2013) - Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012 (ordinanza del commissario delegato - presidente della regione Emilia-Romagna n. 70/2012).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA PER UN'AREA DA DESTINARE ALLA COSTRUZIONE
DI UNA NUOVA CASA PROTETTA INTERCOMUNALE, COMUNE DI NOVI DI MODENA (MO)

N.	Litologia	Prof.	Spess.	V_s	γ
...	...	m	m	m/s	kN/m ³
1	sabbia	1.3	1.3	140	17.16
2	sabbia	4.4	3.1	129	17.17
3	argilla	10.9	6.5	183	18.00
4	sabbia	24.4	13.5	225	18.00
5	argilla	30	5.6	321	18.00
6	argilla	34	4	329	18.00
7	sabbia	60	26	500	19.00
8	sabbia	75	15	598	19.00
	bedrock			700.00	22.00

Tabella 8 - Ricostruzione dei sismostrati utilizzati per l'analisi di risposta sismica locale. Legenda: si veda spiegazione nel testo.



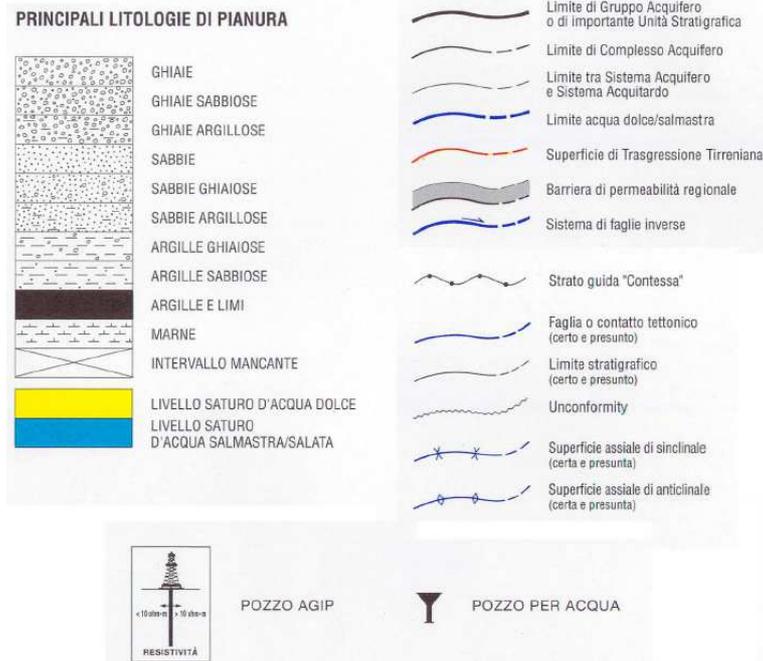


Figura 13 - Stralcio della sezione geologica nr. 026 del database Regione Emilia-Romagna delle sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola.

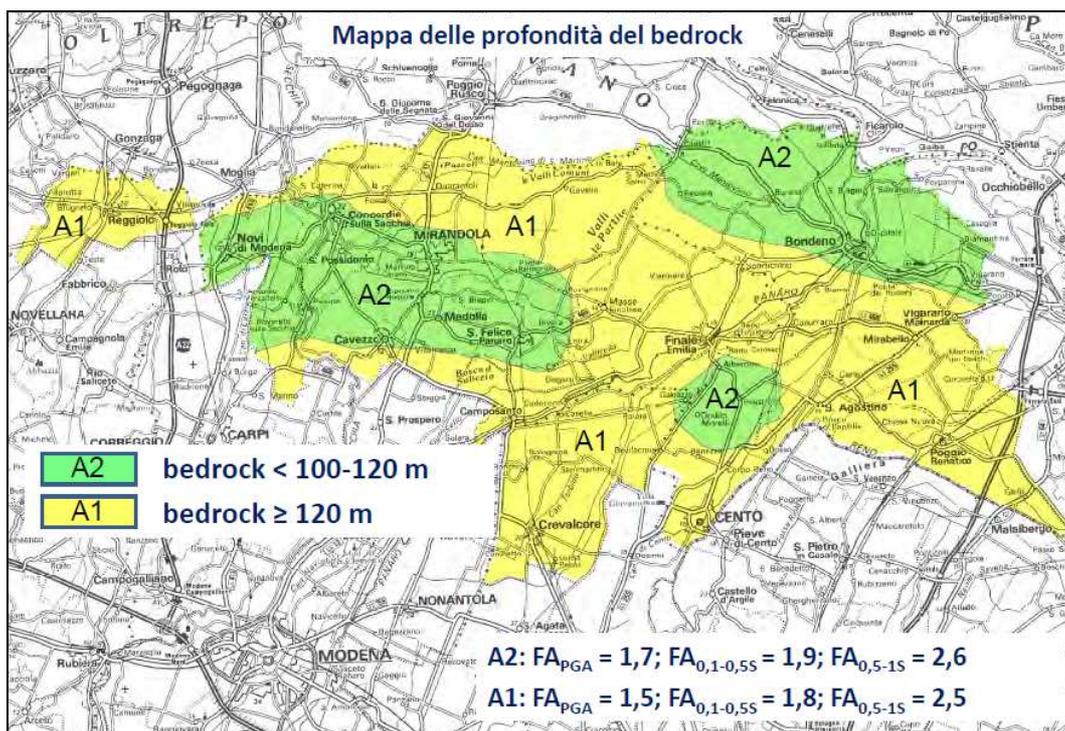


Figura 14 - Modellizzazione della distribuzione della profondità del bedrock sismico per le aree del cratere degli eventi sismici del maggio-giugno 2012. Fonte: Regione Emilia-Romagna.

Selezione degli accelerogrammi di input

I primi 3 accelerogrammi utilizzati per l'analisi sono quelli messi a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna per il territorio comunale di Novi di Modena, ovvero:

000046xa_036028NovidiModena.xy
000126xa_036028NovidiModena.xy
000354xa_036028NovidiModena.xy

A questi sono stati aggiunti altri 4 accelerogrammi, tramite la metodologia di selezione che utilizza il software "REXEL V.3.5"¹³, per ottenere complessivi 7 accelerogrammi naturali secondo quanto previsto dalla normativa.

Propedeutica alla selezione dei 4 accelerogrammi è stata l'analisi del Database Macrosismico Italiano 2011 (DBMI11), per ricostruire la storia sismica dell'area, con particolare attenzione agli eventi sismici che hanno determinato maggiori effetti macrosismici sull'area. Una volta selezionato il terremoto di riferimento, se ne può ottenere lo scenario geografico, che rappresenta la distribuzione delle località ove si sono registrate le intensità MCS. Dallo scenario geografico è quindi possibile misurare la distanza dell'epicentro del terremoto di riferimento dal luogo d'indagine. Infine, si registra la magnitudo dell'evento all'epicentro. La coppia distanza-magnitudo permette, insieme ai parametri sismici di riferimento precedentemente acquisiti, di impostare la ricerca degli accelerogrammi spettro-compatibili attraverso il software dedicato "REXEL V.3.5".

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5-6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
5-6	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09
5	1978 12 25 22:53	Bassa mantovana	28	5 4.22 ±0.22
4-5	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12
4	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6 4.78 ±0.23
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
3-4	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5 4.34 ±0.17
3-4	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09
2	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
2	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
NF	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5 4.22 ±0.27
NF	2002 11 13 10:48	Franciacorta	770	5-6 4.29 ±0.09

Tabella 9 - Storia sismica di Novi di Modena [44.893, 10.901]. Fonte: Database Macrosismico Italiano (DBMI11).

Dall'esame della storia sismica del Capoluogo (Tabella 9), è possibile identificare almeno 4 eventi che hanno determinato effetti macrosismici rilevanti per Novi: il più antico, datato 13 gennaio 1909, ha avuto epicentro nella bassa padana e Mw pari a **5.53**; il secondo, datato 25 dicembre 1978 ha avuto epicentro nella bassa mantovana e Mw pari a **4.22**; il terzo, datato 2 maggio 1987 ha avuto epicentro nel reggiano e Mw pari a **4.74**; il quarto, datato 15 ottobre 1996 ha avuto epicentro a Correggio (R.E.) e Mw pari a **5.41**. Nel Database non compaiono ancora gli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, con epicentri, rispettivamente, a Massa Finalese ed a Medolla e Mw strumentali pari a **5.9** e **5.8**. Dall'esame di Tabella 9 si vede come sia possibile selezionare un range di magnitudo che va da **4.5 a 5.8** ed un range di distanze che va da **4 a 35 km**.

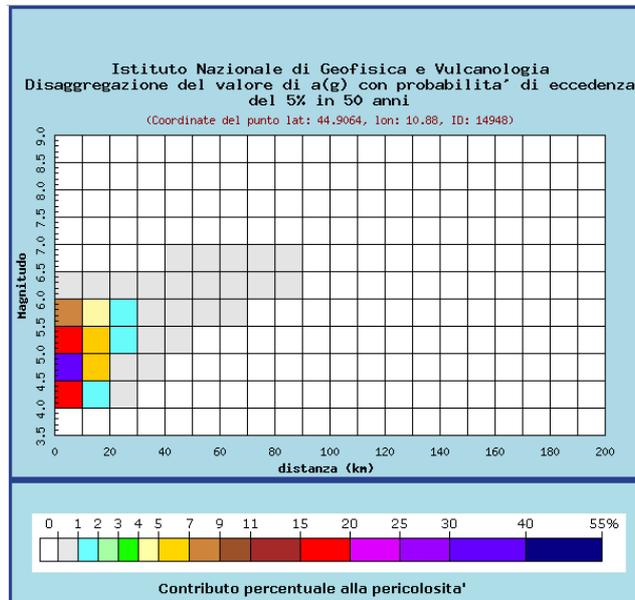
¹³ Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2009). REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362. DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

I[MCS]	Data	Ax	Io	Mw	Distanza
5-6	1987 05 02	Reggiano	6	4.74	19 km
5-6	1996 10 15	Correggio	7	5.41	20 km
5	1909 01 13	Bassa padana	6-7	5.53	71 km
5	1978 12 25	Medolla	5	4.22	9 km

Tabella 10 - Quattro eventi sismici della storia recente di Novi che possono essere considerati rappresentativi della sismicità di riferimento per la scelta dei 7 accelerogrammi.

Dall'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica di base, eseguibile dal sito web dell'INGV¹⁴, utilizzando una probabilità di eccedenza consona al periodo di riferimento V_R di 75 del livello prestazionale di progetto, ovvero pari al 7% in 50 anni¹⁵, risulta un coppia magnitudo/distanza media pari a **4.9/7,26**, con ϵ pari a 0,63.

Il contributo percentuale massimo alla pericolosità sismica locale è dato dalla coppia magnitudo/distanza (4.5-5/0-10), pari al 30-40%; il secondo contributo percentuale è dato dalle coppie (4-4.5/0-10) e (5-5.5/0-10, pari al 15-20%; il terzo contributo percentuale è dato dalla coppia (5.5-6/0-10), pari al 7-9%.



La selezione operata dal software "REXEL" (Figura 15) mostra 7 accelerogrammi naturali il cui spettro di risposta medio risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

¹⁴ <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

¹⁵ Dal sito INGV è possibile scegliere solo alcuni valori di probabilità di eccedenza: quello più prossimo al 7% risulta essere 5%.

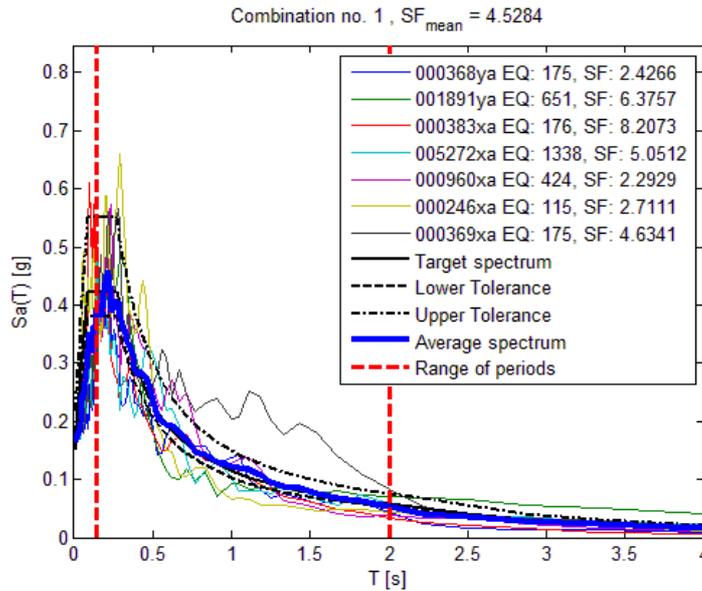


Figura 15 - La combinazione di 7 accelerogrammi naturali individuata tramite software "REXEL", la cui media risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

Da subito occorre evidenziare come il fattore di scala (SF) medio sia pari a 4.5; ancor più alto risulta il fattore di scala singolo relativo agli accelerogrammi: 001891ya (SF=6.37), 000383xa (SF=8.2) e 005272xa (SF=5).

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X [m/s ²]	EC8 Site class	SF
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	22	0.63	A	2.42
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5	?	23	0.35	A	6.37
383	176	ST153	Lazio Abruzzo (aftershock)	11/05/1984	5.5	normal	14	0.20	A	8.2
5272	1338	ST2487	Mt. Vatnafjoll	25/05/1987	6	oblique	24	0.32	A	5
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6	strike slip	50	0.71	A	2.29
246	115	ST61	Valnerina	19/09/1979	5.8	normal	22	0.60	A	2.71
369	175	ST109	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	44	0.35	A	4.63
mean:					5.7		28	0.45		

Tabella 11 - Descrizione dettagliata degli accelerogrammi selezionati da "REXEL", il cui spettro di risposta medio risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

Come input stratigrafico, per STRATA, sono stati scelti i valori di litologia, spessore, peso di volume e Vs precedentemente descritti in Tabella 8. Come moto di input sono stati inseriti i 3 accelerogrammi naturali proposti dalla Regione Emilia-Romagna e 4 dei 7 accelerogrammi scelti attraverso la selezione di REXEL; solo questi ultimi 4 sono stati scalati in base al SF di Tabella 11. I 4 accelerogrammi della combinazione di REXEL sono quelli evidenziati in giallo in Tabella 11, ovvero quelli con fattore di scala più basso e non appartenenti allo stesso evento sismico.

Variando spessori degli strati, Vs, curve di degrado e profondità del bedrock sismico, STRATA ha eseguito, per i 7 accelerogrammi, 100 analisi di risposta sismica.

Gli spettri di risposta elastici in superficie ed al bedrock sono dati dalla mediana dei valori di pseudo-accelerazione generati dalle 100 iterazioni. Il rapporto tra il valore integrale della curva di pseudo accelerazione in superficie e lo stesso al bedrock ha evidenziato un'amplificazione stratigrafica della PGA in superficie, rispetto al bedrock, pari ad un FA di **1,67**, valore pressoché identico a quello

individuato dallo studio di microzonazione sismica della Regione Emilia-Romagna per l'area in esame ed inferiore al fattore di amplificazione stratigrafico ottenuto con il metodo semplificato per lo stato limite SLV, pari a 1,45.

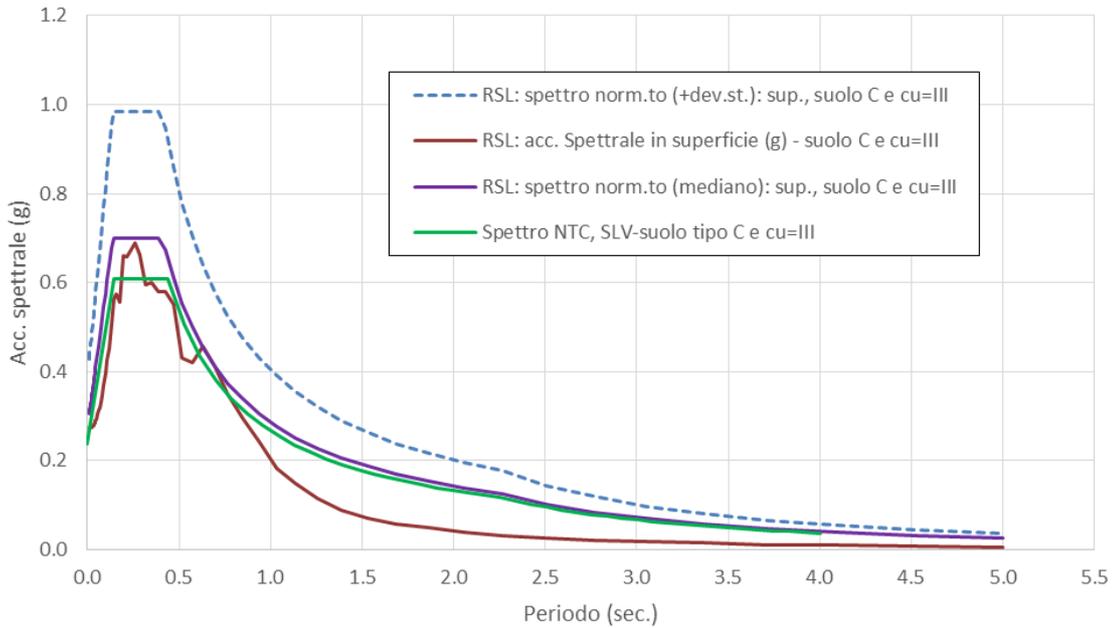


Figura 16 - Confronto tra gli spettri di risposta elastici ottenuti con metodo semplificato per i suoli di classe A e C e gli spettri di risposta elastici ottenuti, in superficie ed al bedrock, dall'analisi di risposta sismica locale.

L'accelerazione massima orizzontale al sito, per lo stato limite SLV, risulta essere pari a **0,31_g**.

I fattori di amplificazione per l'intensità di Housner sono risultati pari a:

FA- $I_{H0,1-0,5}$: **1,5**

FA- $I_{H0,5-1}$: **2,4**

leggermente inferiori rispetto a quelli identificati dallo studio di microzonazione sismica della Regione Emilia-Romagna per l'area in esame.

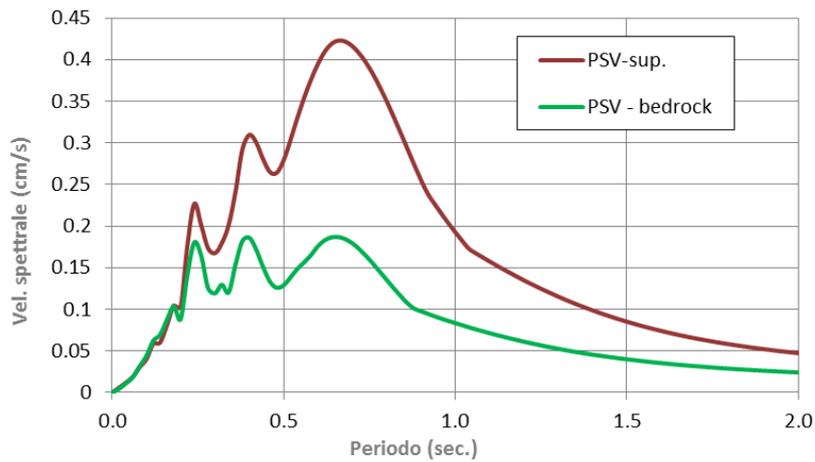


Figura 17 – Confronto tra velocità spettrale al bedrock e in superficie.

7.4.2. Calcolo del rischio liquefazione e cedimenti post-sismici

Si è proceduto ad un'analisi di suscettibilità alla liquefazione in corrispondenza delle 3 verticali penetrometriche, utilizzando l'algoritmo di calcolo sviluppato da Robertson & Wride (1998)¹⁶, nelle sue più recenti modifiche introdotte da Youd et al. (2001)¹⁷ e da Robertson (2009)¹⁸.

Per la magnitudo e la PGA da utilizzare nell'algoritmo di calcolo si sono utilizzati:

- il valore medio di magnitudo del sisma del 29 maggio 2012, pari a **5.8**;
- il valore di accelerazione massima al suolo calcolato con l'analisi di risposta sismica locale, pari a **0,31g**.

Prova	M _w	a _g	LPI (Indice Pot. Liquef.)	Cedimenti (post-simici)
CPTU-1	5.8	0.31	5.63 (alto)	4,5 cm
CPTU-2	5.8	0.31	8.51 (alto)	7 cm

¹⁶ Robertson, P.K. & Wride, C.E. (1998) – Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 35(3): 442-459.

¹⁷ Youd T.L., Idriss I.M., Andrus R.D., Arango A., Castro G., Christian J.T., Dobry R., Finn W.D.L., Harder L.F., Hynes M.E., Ishihara K., Koester J.P., Liao S.S.C., Marcuson W.F., Martin G.R., Mitchell J.K., Moriwaki Y., Power M.S., Robertson P.K., Seed R.B., Stoke K.H. (2001) - "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, October 2001, pp. 817-833.

¹⁷ Robertson, P.K. and Wride, C.E. (1998) - Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3): 442-459.

¹⁸ Robertson, P.K. (2009) – Interpretation of cone penetration tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 46: 1337-1355.

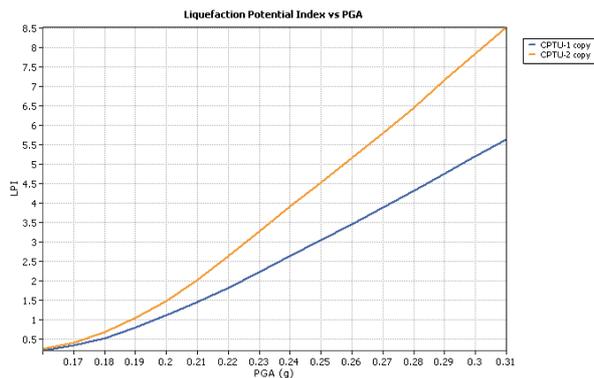


Figura 18 – Variazione del LPI con la PGA per le due CPTU.

Da quanto calcolato è possibile identificare, in modo relativo, una maggior suscettibilità alla liquefazione per la CPT2; la differenza sostanziale tra le due verticali, nonostante la simile percentuale cumulata di strati sabbiosi, è rappresentata dal contributo maggiore all'indice di potenziale liquefazione offerto dai livelli misti, limo-sabbiosi, presenti tra -2 e -4 m e tra -8 e -9 m nella CPTU-2.

8. RIDEFINIZIONE DELLA CLASSE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE ALLA LUCE DEGLI EFFETTI ATTESI RICONTRATI

Alla luce di quanto emerso a seguito delle analisi di risposta sismica locale e del rischio liquefazione, in base a quanto espresso dalle NTC08 (art. 3.2.2) il terreno di fondazione è stato riclassificato in classe **S2**, ovvero *“Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti”*.

Pertanto, in fase di progettazione esecutiva, dovranno essere ricalcolati i coefficienti sismici orizzontale e verticale in funzione della categoria di suolo S2 e dei nuovi valori dell'accelerazione massima al suolo e del coefficiente di amplificazione litostratigrafico, per i quattro stati limite previsti dalle NTC08.

9. SINTESI DELL'ANALISI DEI DATI RACCOLTI E CONCLUSIONI

Dall'analisi integrata dei dati scientifici disponibili in bibliografia, delle osservazioni di campagna effettuate durante il sopralluogo e dei dati acquisiti ed elaborati grazie ai sondaggi geognostici eseguiti, è stato possibile caratterizzare il terreno in esame dai punti di vista litostratigrafico, geotecnico e sismico e dare un giudizio sulla fattibilità dell'intervento in progetto.

Giudizio che è risultato essere positivo e che ha permesso di dichiarare la **fattibilità del progetto di realizzazione della nuova casa per anziani comunale**, nel rispetto delle indicazioni di seguito riportate.

Dallo studio eseguito emerge come l'area si collochi in una zona a debolissima inclinazione topografica, che permette uno sviluppo edilizio senza particolari problemi, con presenza di uno strato superficiale costituito da sabbie limose e limi sabbiosi, di spessore variabile tra 1 m e 4 m. Segue una sequenza di alternanze fra argille e argille limose fino a circa -10 m, con la presenza, solo in corrispondenza della CPTU-2, di uno strato di circa 1 m di spessore, costituito da sabbie limose e limi sabbiosi, tra -8 e -9 m. Da -10 m a -20 m è presente una successione di strati sabbiosi e sabbioso-limosi, con 2 sottili strati argillosi tra -19 e -20 m, in corrispondenza della sola CPTU-1.

Le prove effettuate hanno rilevato la presenza di uno strato incoerente più superficiale con valori medi di densità relativa piuttosto bassi. Negli strati argillosi si alternano valori medi di coesione non drenata da mediocri a buoni, con minimi intorno a 70 kPa e massimi prossimi a 100 kPa. I valori medi di densità relativa dei 10 m basali di sabbie e sabbie limose è prossima al 50%, con angoli di attrito drenato, di picco, prossimi a 40°. I valori di R_p medio, nei primi 10 m, sono variabili tra 10 e 20 kg/cm², per poi salire fino a medie di 120 kg/cm² nello strato sabbioso compreso tra -10 m e -20 m.

La soggiacenza della falda più superficiale, al momento dell'indagine geognostica, è stata intercettata a circa 1 m dal piano campagna.

Per la caratterizzazione sismica del terreno sono stati utilizzati i dati ricavati da uno stendimento sismico realizzato in data 9/03/2012 in prossimità dell'area d'indagine, che ha restituito un valore di V_{s30} pari a **205** m/s, permettendo di assegnare al terreno in esame la categoria **C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine)*".

Sono stati, inoltre, determinati i parametri di pericolosità sismica di base del sito specifico e i parametri d'azione e gli spettri elastici relativi ai quattro stati limite. Infine, sempre per i quattro stati limite, si sono calcolate, attraverso l'approccio semplificato consentito dalle NTC08 (§ 3.2.2), l'amplificazione litostratigrafica e l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito ed i rispettivi coefficienti sismici orizzontale e verticale.

La microzonazione sismica recentemente effettuata dalla Regione Emilia-Romagna per le aree del cratere sismico degli eventi del maggio-giugno 2012, ha individuato, per l'area in esame, terreni suscettibili di liquefazione in caso di sisma, con indici di potenziale liquefazione prossimi al valore 3. Sulla scorta dei risultati ottenuti dallo studio della Regione è stata eseguita un'analisi di risposta

sismica locale di III livello per il calcolo dell'amplificazione sismica litostratigrafica, con codice di calcolo monodimensionale, la quale ha restituito la seguente terna di fattori di amplificazione:

FA-PGA: **1,67**

FA-I_{H0,1-0,5}: **1,5**

FA-I_{H0,5-1}: **2,4**

E' stata quindi eseguita un'analisi di suscettività alla liquefazione lungo le due CPTU, con metodo semplificato basato sugli studi aggiornati di Robertson e Wride, da cui è risultato un Indice di Potenziale Liquefazione pari a 5,63 e 8,51 rispettivamente per la CPTU-1 e CPTU-2.

Questo ha imposto di riclassificare, dal punto di vista sismico, il terreno di fondazione, assegnandolo alla classe **S2**: "*Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti*".

E' pertanto opportuno, in una fase progettuale successiva, indagare con altre verticali penetrometriche CPTU, le porzioni d'area che verranno destinate al futuro edificio, calcolando per ognuna l'Indice di Potenziale Liquefazione attraverso una metodologia confrontabile con quella utilizzata per questo studio. Qualora, come probabile, i risultati confermassero l'alto rischio liquefazione, occorrerà prevedere opportuni interventi di mitigazione, finalizzati ad aumentare, in modo passivo o attivo, la resistenza degli spessori sabbiosi e limo-sabbiosi ad una sollecitazione sismica da definirsi sulla base di una nuova analisi di risposta sismica locale, non potendo utilizzare gli approcci semplificati.

Sempre in una fase progettuale successiva, si dovranno calcolare i coefficienti sismici orizzontale e verticale in funzione della PGA e del fattore di amplificazione litostratigrafica individuati in questo studio e verificati negli approfondimenti successivi, in rapporto alla frequenza di vibrazione fondamentale della prevista tipologia costruttiva.

Modena, 16/07/2015

Il Tecnico incaricato

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Allegato 1

Indagini geognostiche dal database geognostico Regione Emilia-Romagna

Pratica N° 3.179 064

COMPENSORIO

COMUNE-Istat

183110

-Ditta B.B.C. SPA

residente a NOVI DI MODENA in Via Ponte Garbese 2

-Pozzo ad uso INDUSTRIALE in Comune di NOVI DI MODENA

Frazione / Località Via Ponte garbese 2 Mapp.N° 225 / Fg. 29

-Data di ultimazione della perforazione: 6/9/1982

-Ditta perforatrice: ZANONI FAUSTO - REGGIOLO (RE)

P60.7

CARATTERISTICHE DEL POZZO	
*avanpozzo (si o no)	<u>NO</u>
*diametro interno tubi mm.	<u>165</u>
*profondità mt.	<u>54</u>

φ marmolata 100 mm

EQUIPAGGIAMENTO	
*tipo della pompa	<u>Sommersa</u>
*potenza Cv	<u>7,5</u>
	<u>kW</u>
*prevalenza mt.	<u>112</u>
*portata lt/sec.	<u>300 minuti</u>

-Livello statico mt. 24

-Portata pozzo: lt/sec. 5

-Superficie irrigata:
ha. _____ are _____ ca. 11

-Consumo giornaliero (24 ore):
metri cubi 288

STRATIGRAFIA DEL TERRENO		Falde captate
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati		
-da mt. <u>0</u>	a mt. <u>12</u>	
<u>ARGILLA</u>		
-da mt. <u>12</u>	a mt. <u>18</u>	
<u>SABBIA</u>		
-da mt. <u>18</u>	a mt. <u>22</u>	
<u>ARGILLA</u>		
-da mt. <u>22</u>	a mt. <u>24</u>	
<u>SABBIA</u>		
-da mt. <u>24</u>	a mt. <u>34</u>	
<u>ARGILLA</u>		
-da mt. <u>34</u>	a mt. <u>60</u>	
<u>SABBIA</u>		
-da mt. <u>11</u>	a mt. _____	

-da mt. _____	a mt. _____	

Localizzazione del pozzo			
Long.	<u>299</u>	Lat.	<u>056</u>
Ha.	<u>023</u>		
Quota piano campagna: m.s.l.m.			

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

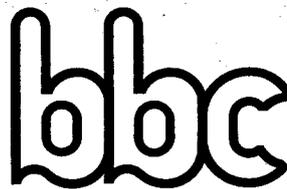
Data 30/11/1982

Firma B.B.C.
 p.a.
 Via Ponte Garbese, 2
 41014 NOVI DI MODENA
 Cod. Fisc. e Part. IVA 02248720369

ANNOTAZIONI: POZZO NUOVO

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

Tintoria e Trattamenti Tessili



s.p.a.

41016 Novi di Modena
Via Ponte Garbese, 2
Tel. (059) 670150

Cap. Soc. L. 210.000.000 int. versato
Iscr. Tribunale di Modena N. 6598
CCIAA Modena N. 122.467
Partita IVA e Cod. fiscale 00248720369

Spett.le GENIO CIVILE
DI MODENA

SCHEDA PER POZZO GIA' ESISTENTE NELLA DITTA B.B.C. SPA

Novi di Modena.

Ditta B.B.C. SPA
residente a NOVI DI MODENA in via Ponte Garbese 2
Pozzo ad uso INDUSTRIALE in Comune di Novi di Modena
Frazione / Località Via Ponte Garbese 2 Mapp.N. /Fg.
Dta di ultimazione della Perforazione 1972.
Ditta Perforatrice ZANONI FAUSTO -REGGIOLO (RE)

Caratteristiche del Pozzo

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Avanzamento N.

Equipaggiamento

Tipo della pompa
SOMMERSA

Potenza Cv.7,5

Portata lt.sec.300

Livello statico mt.24
portata pozzo:lt/sec.5

Consumo giornaliero (24 Ore)
metri cubi 200

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

Data 30/11/1982

da mt. 0	a mt. 12
ARGILLA	
da mt. 12	a mt. 18
SABBIA	
da mt. 18	a mt. 22
ARGILLA	
da mt. 22	a mt. 24
SABBIA	
da mt. 24	a mt. 34
ARGILLA	
da mt. 34	a mt. 60
SABBIA	



L'acqua prelevata dal pozzo serve ai
seguenti usi:

consumo annuo

XX INDUSTRIALE

gg.all'anno n.200 ore al giorno 16 mc.4000=

Il pozzo è provvisto di elettropompa sommersa

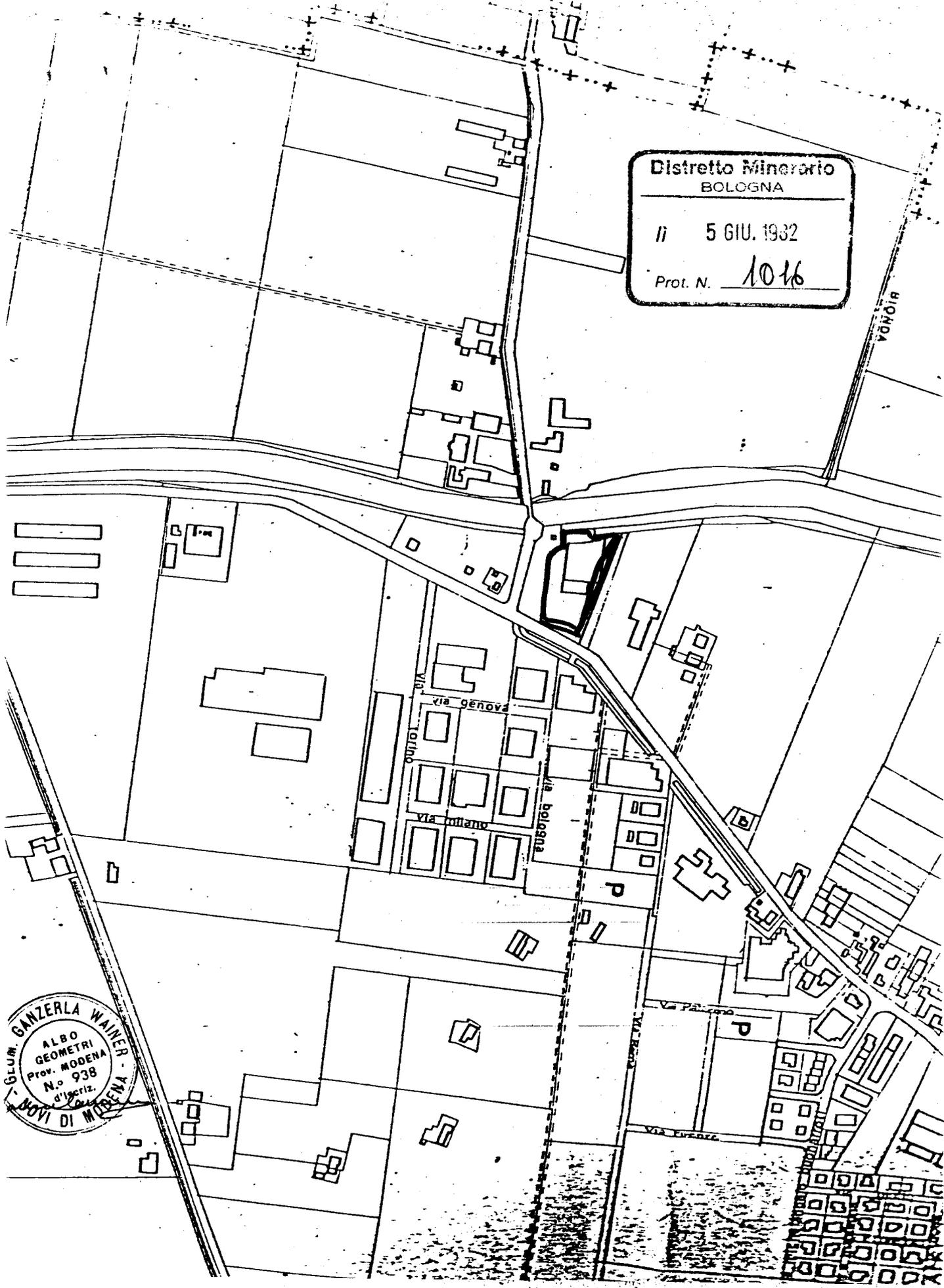
contatore impianto di riciclaggio

Distretto Minerario
BOLOGNA

Il 5 GIU. 1932

Prot. N. 1016

GEOM. GANZERLA WAINER
ALBO
GEOMETRI
Prov. MODENA
N.º 938
d'iscriz.





UFFICIO TECNICO ERARIALE di

MODENA

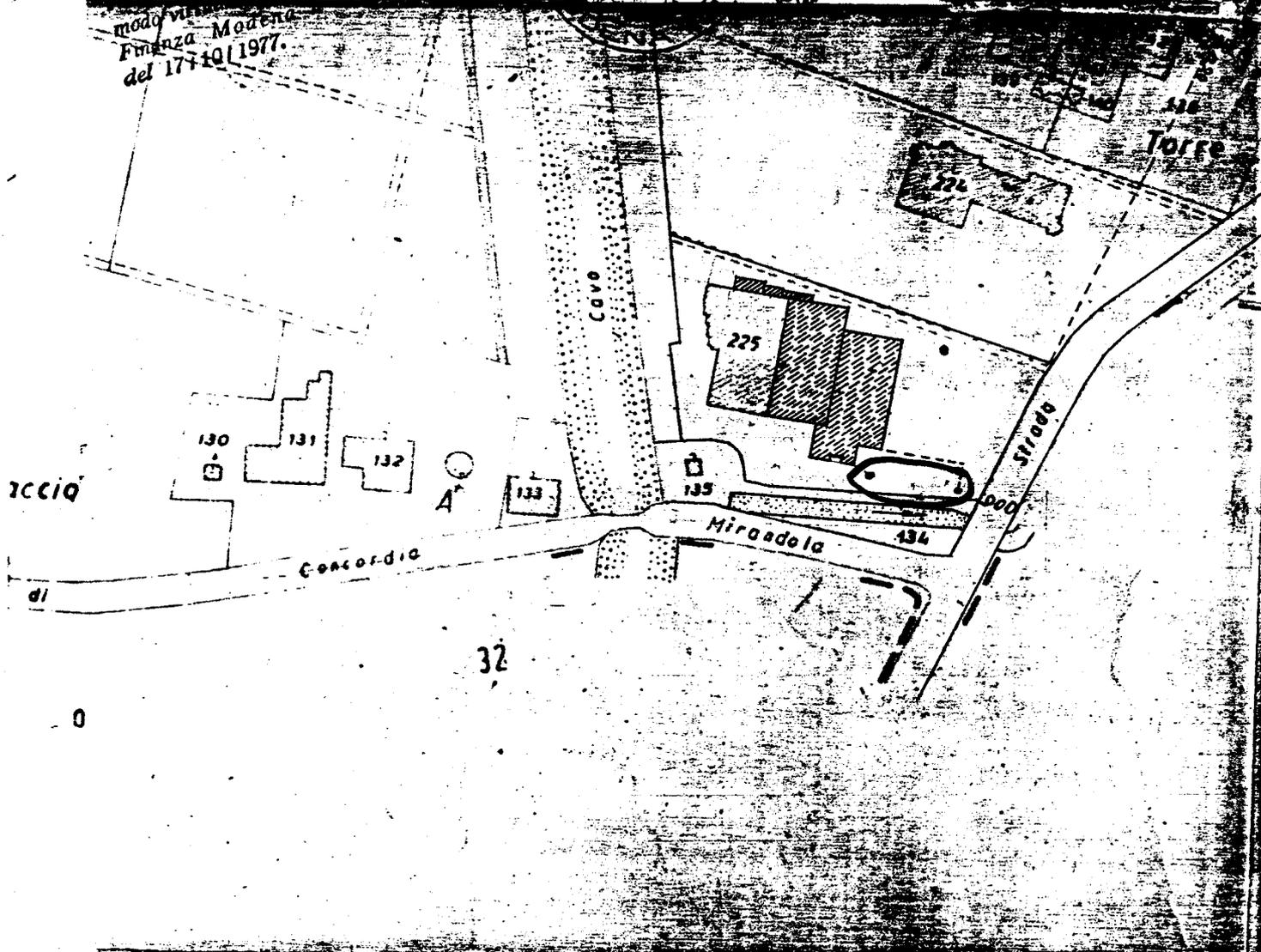
SPECIFICA

Estratto di mappa del Comune di NOVI Sezione Consorziale
che si rilascia a scopo di frazionamento o di redazione di tipo mappale (artt. 5 e 6 della Legge 1° ottobre 1969, n. 677). La sua validità decade dopo sei mesi dalla data del rilascio, se dall'U.T.E. siano state riportate variazioni grafiche o censuarie intervenute in esso rappresentate.

MODENA 3 LUG. 1981

IL DIRIGENTE
(R. Palani)
IL CAPO DELLA SEZIONE
(G. F. Belli)

posta di bollo assolta in
mod. v. Autor. Intend. 15225
Finanza Modena
del 17/10/1977.



FOGLIO N. 29 SCALA 1: 2000

L'INCARICATO



ORIENTAMENTO

Descrizione sommaria della natura delle nuove linee di mappa:

Allegato 2

Indagini geognostiche eseguite per questo studio Penetrometrie statiche (CPTU): tabulati e diagrammi

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it

Committente c/o DR. FRANCHI

Località NOVI DI MODENA

Cantiere VIA S. ALLENDE

Data 4/3/15

Preforo 0.40 m

Falda 1.10 ml

Prova **CPTU1**

Cert. N. 131/15

Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
0.42	0.82	12.23	114.03
0.44	1.60	8.33	95.92
0.46	1.65	9.20	102.35
0.48	1.57	12.24	93.00
0.50	1.65	12.25	88.33
0.52	1.73	11.82	81.90
0.54	1.60	10.95	70.80
0.56	1.56	10.52	62.63
0.58	1.55	12.69	55.03
0.60	1.52	16.61	48.60
0.62	1.49	17.05	43.34
0.64	1.48	16.61	40.43
0.66	1.52	17.05	41.01
0.68	1.61	16.62	36.92
0.70	1.69	17.06	34.58
0.72	1.75	17.06	35.17
0.74	1.75	16.63	32.24
0.76	1.73	17.07	32.24
0.78	1.70	17.94	31.08
0.80	1.67	19.68	28.74
0.82	1.63	20.12	26.99
0.84	1.61	21.86	26.40
0.86	1.54	24.04	32.83
0.88	1.52	22.74	30.49
0.90	1.52	22.74	29.33
0.92	1.56	22.31	28.16
0.94	1.60	24.05	28.16
0.96	1.65	26.66	28.74
0.98	1.66	27.10	28.16
1.00	1.62	25.36	27.57
1.02	1.57	26.24	26.40
1.04	1.49	26.67	24.65
1.06	1.46	28.85	23.48
1.08	1.37	29.72	22.32
1.10	1.27	30.16	22.32
1.12	1.15	27.99	22.90
1.14	1.06	25.38	24.65
1.16	0.97	22.34	26.40
1.18	0.92	20.60	26.40
1.20	0.86	21.91	25.82
1.22	0.90	22.35	26.40
1.24	1.00	22.35	30.49
1.26	0.99	22.79	38.09
1.28	0.96	22.35	42.76
1.30	0.93	21.92	44.52
1.32	1.02	20.22	79.57
1.34	0.97	21.96	74.89
1.36	0.95	22.83	82.49
1.38	0.95	21.96	92.42
1.40	0.94	20.66	98.85

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
1.42	0.94	19.79	105.27
1.44	1.00	18.05	115.79
1.46	1.07	18.05	120.46
1.48	1.10	17.62	119.88
1.50	1.13	18.05	118.71
1.52	1.10	18.49	125.13
1.54	1.08	15.44	120.46
1.56	1.00	15.01	110.53
1.58	0.95	16.75	96.51
1.60	0.95	21.54	105.27
1.62	0.88	22.84	108.78
1.64	0.90	21.54	116.37
1.66	0.93	20.24	124.55
1.68	1.02	18.50	127.47
1.70	1.17	19.37	130.39
1.72	1.15	18.50	119.88
1.74	0.96	15.89	84.82
1.76	0.78	15.89	62.04
1.78	0.74	14.59	52.69
1.80	0.87	13.29	50.94
1.82	1.09	11.11	50.36
1.84	1.27	11.11	49.19
1.86	1.34	11.98	47.44
1.88	1.44	14.59	43.93
1.90	1.44	18.07	36.33
1.92	1.27	23.29	29.91
1.94	1.04	28.07	29.33
1.96	0.98	27.20	32.83
1.98	0.99	22.42	38.09
2.00	1.16	20.68	44.52
2.02	1.32	20.25	49.19
2.04	1.35	20.25	48.02
2.06	1.22	21.55	41.01
2.08	1.17	27.21	43.93
2.10	1.23	26.77	53.86
2.12	1.37	23.29	63.79
2.14	1.45	25.03	74.31
2.16	1.46	27.64	81.90
2.18	1.51	29.38	86.58
2.20	1.51	31.12	84.82
2.22	1.45	32.43	81.32
2.24	1.38	35.90	78.40
2.26	1.28	38.51	72.56
2.28	1.14	45.47	64.38
2.30	1.10	47.21	59.70
2.32	1.08	47.21	57.37
2.34	1.10	46.78	57.37
2.36	1.13	45.47	61.45
2.38	1.16	41.99	63.79
2.40	1.14	37.64	66.13

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
2.42	1.11	33.73	66.71
2.44	1.11	29.82	68.47
2.46	1.11	27.64	68.47
2.48	1.11	28.95	70.22
2.50	1.08	29.38	70.80
2.52	1.04	30.25	71.39
2.54	1.02	32.43	75.48
2.56	1.03	31.12	80.74
2.58	1.03	27.21	82.49
2.60	1.01	26.34	85.41
2.62	1.05	26.77	89.50
2.64	1.13	27.64	96.51
2.66	1.11	26.77	98.85
2.68	1.10	24.60	94.76
2.70	1.13	24.17	93.59
2.72	1.20	25.03	90.67
2.74	1.16	25.47	81.32
2.76	1.10	25.47	74.31
2.78	1.04	21.99	70.22
2.80	0.98	19.38	73.73
2.82	1.04	16.77	87.75
2.84	1.25	12.42	94.17
2.86	1.47	12.42	98.85
2.88	1.63	15.03	78.98
2.90	1.63	20.25	63.21
2.92	1.60	24.16	54.44
2.94	1.60	26.77	47.44
2.96	1.60	28.07	41.01
2.98	1.59	29.81	35.17
3.00	1.63	29.81	31.66
3.02	1.56	32.85	27.57
3.04	1.28	32.42	24.07
3.06	1.05	28.07	19.98
3.08	0.90	23.29	21.15
3.10	0.86	19.81	25.82
3.12	0.84	15.03	29.33
3.14	0.85	13.72	34.00
3.16	0.90	14.59	39.84
3.18	1.03	13.72	48.60
3.20	1.17	15.46	57.37
3.22	1.43	17.20	60.87
3.24	1.63	19.37	56.20
3.26	1.82	26.32	32.83
3.28	1.78	34.15	22.32
3.30	1.69	36.75	17.06
3.32	1.71	37.19	14.13
3.34	1.78	37.19	11.22
3.36	1.76	38.49	8.88
3.38	1.73	43.28	7.12
3.40	1.71	46.32	5.37

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it**Intergeo** .r.l.

Committente c/o DR. FRANCHI
Località NOVI DI MODENA
Cantiere VIA S. ALLENDE
Data 4/3/15
Preforo 0.40 m

Falda 1.10 ml

Prova **CPTU1**
Cert. N. 131/15
Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
3.42	1.74	47.19	4.21
3.44	1.79	48.06	3.62
3.46	1.83	48.93	1.28
3.48	1.83	48.93	0.70
3.50	1.79	44.58	-1.05
3.52	1.70	38.92	-2.22
3.54	1.68	34.14	-3.39
3.56	1.64	31.97	-4.56
3.58	1.69	35.01	-5.14
3.60	1.78	36.75	-5.73
3.62	1.94	37.62	-6.89
3.64	2.05	45.44	-8.06
3.66	2.06	50.22	-9.23
3.68	2.08	44.57	-9.82
3.70	2.14	42.40	-10.99
3.72	2.15	43.27	-11.57
3.74	2.11	44.57	-12.15
3.76	2.02	41.09	-12.74
3.78	2.00	45.87	-13.32
3.80	1.94	50.22	-14.49
3.82	1.80	47.17	-15.66
3.84	1.57	47.17	-16.24
3.86	1.43	47.17	-16.83
3.88	1.31	44.56	-15.66
3.90	1.32	38.48	-13.90
3.92	1.36	31.96	-13.32
3.94	1.36	32.82	-13.90
3.96	1.36	35.00	-12.74
3.98	1.39	35.86	-10.99
4.00	1.35	31.95	-10.99
4.02	1.24	31.51	-10.99
4.04	1.11	33.69	-10.99
4.06	0.99	32.38	-10.99
4.08	0.95	29.77	-10.40
4.10	0.90	27.16	-8.65
4.12	0.95	25.42	-6.89
4.14	0.93	22.81	-5.14
4.16	0.95	21.51	-3.39
4.18	0.91	19.34	-1.64
4.20	0.89	15.86	0.11
4.22	0.82	13.24	1.28
4.24	0.76	12.38	2.45
4.26	0.93	21.50	45.10
4.28	0.89	20.63	48.02
4.30	0.90	20.19	53.28
4.32	0.95	19.33	58.54
4.34	0.96	17.15	63.21
4.36	1.01	15.84	69.64
4.38	1.10	15.41	76.65
4.40	1.13	16.71	83.07

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
4.42	1.12	17.15	79.57
4.44	1.08	18.02	69.64
4.46	1.06	21.93	60.29
4.48	0.99	26.28	51.53
4.50	0.96	30.19	48.02
4.52	0.95	33.67	48.02
4.54	0.99	34.10	47.44
4.56	1.05	35.84	48.60
4.58	1.12	36.28	49.77
4.60	1.18	36.71	49.19
4.62	1.12	36.28	46.27
4.64	1.07	36.71	43.34
4.66	1.05	37.58	40.43
4.68	1.02	39.32	37.50
4.70	0.99	42.36	35.75
4.72	0.98	44.10	35.17
4.74	0.94	44.53	35.17
4.76	0.90	44.53	36.33
4.78	0.90	43.66	36.92
4.80	0.89	41.49	38.09
4.82	0.88	39.75	39.84
4.84	0.89	39.31	41.59
4.86	0.90	40.62	43.34
4.88	0.93	41.05	45.10
4.90	0.96	40.61	46.27
4.92	0.99	39.75	49.19
4.94	1.04	37.14	50.94
4.96	1.07	35.83	52.11
4.98	1.11	35.83	51.53
5.00	1.12	37.14	50.94
5.02	1.12	37.57	50.36
5.04	1.12	38.44	50.36
5.06	1.13	39.31	48.60
5.08	1.14	41.48	46.27
5.10	1.11	44.09	43.93
5.12	1.10	45.39	42.18
5.14	1.12	46.26	41.59
5.16	1.13	47.13	41.59
5.18	1.13	46.69	42.76
5.20	1.14	45.39	44.52
5.22	1.14	44.09	45.68
5.24	1.18	36.69	101.18
5.26	1.12	35.82	93.59
5.28	1.05	34.08	88.91
5.30	1.01	32.77	86.00
5.32	0.95	34.08	80.74
5.34	0.95	34.51	80.15
5.36	1.01	33.64	83.07
5.38	1.10	32.34	88.33
5.40	1.15	31.03	93.59

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
5.42	1.17	31.90	94.76
5.44	1.24	32.77	98.26
5.46	1.33	34.08	102.35
5.48	1.34	33.64	104.69
5.50	1.25	31.90	100.01
5.52	1.15	33.64	97.10
5.54	1.10	34.08	95.34
5.56	1.07	34.51	96.51
5.58	1.05	34.94	98.85
5.60	1.09	34.94	101.77
5.62	1.09	34.51	106.44
5.64	1.09	34.51	109.95
5.66	1.11	34.07	118.12
5.68	1.15	33.64	119.88
5.70	1.18	33.64	115.79
5.72	1.22	34.51	121.63
5.74	1.29	36.68	129.22
5.76	1.42	37.12	133.32
5.78	1.45	39.29	128.06
5.80	1.44	41.89	118.71
5.82	1.39	43.20	109.36
5.84	1.33	45.81	108.19
5.86	1.33	46.68	104.69
5.88	1.33	49.29	97.10
5.90	1.30	53.20	92.42
5.92	1.27	55.81	86.00
5.94	1.24	56.68	81.32
5.96	1.18	58.85	77.81
5.98	1.17	59.28	74.89
6.00	1.16	61.46	73.14
6.02	1.16	62.76	73.73
6.04	1.20	61.02	74.31
6.06	1.22	61.46	76.06
6.08	1.22	60.15	78.98
6.10	1.25	57.54	78.98
6.12	1.28	55.80	76.65
6.14	1.27	56.24	72.56
6.16	1.23	57.98	70.22
6.18	1.21	59.28	68.47
6.20	1.18	60.58	67.30
6.22	1.17	62.32	69.05
6.24	1.10	62.75	87.16
6.26	1.12	64.06	87.16
6.28	1.12	62.75	87.16
6.30	1.12	60.14	87.16
6.32	1.10	57.97	87.75
6.34	1.10	55.36	88.91
6.36	1.09	53.62	88.91
6.38	1.05	54.05	89.50
6.40	1.06	53.62	90.67

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it



Committente c/o DR. FRANCHI

Località NOVI DI MODENA

Cantiere VIA S. ALLENDE

Data 4/3/15

Preforo 0.40 m

Falda 1.10 ml

Prova **CPTU1**

Cert. N. 131/15

Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
6.42	1.08	53.18	91.84
6.44	1.09	53.18	93.00
6.46	1.11	54.05	93.59
6.48	1.14	55.79	94.17
6.50	1.17	56.22	95.92
6.52	1.23	56.66	98.85
6.54	1.29	57.96	99.43
6.56	1.36	59.27	98.26
6.58	1.41	61.44	94.76
6.60	1.46	62.75	93.00
6.62	1.50	64.05	91.25
6.64	1.51	64.92	87.75
6.66	1.53	66.22	85.41
6.68	1.51	69.70	86.00
6.70	1.53	70.57	94.76
6.72	1.58	70.14	93.59
6.74	1.60	73.18	94.76
6.76	1.59	74.48	92.42
6.78	1.56	72.74	91.84
6.80	1.60	69.70	91.84
6.82	1.62	66.22	93.59
6.84	1.63	66.22	91.25
6.86	1.60	67.09	88.33
6.88	1.54	69.70	87.16
6.90	1.53	71.00	87.75
6.92	1.57	72.74	90.08
6.94	1.58	73.61	89.50
6.96	1.59	75.35	91.25
6.98	1.64	75.35	91.25
7.00	1.66	73.61	91.25
7.02	1.69	72.31	92.42
7.04	1.69	71.00	94.17
7.06	1.70	71.87	95.92
7.08	1.73	72.74	104.11
7.10	1.76	73.61	109.95
7.12	1.70	76.65	111.11
7.14	1.65	79.69	111.70
7.16	1.65	78.39	109.95
7.18	1.63	80.56	110.53
7.20	1.59	78.39	115.21
7.22	1.56	75.34	117.54
7.24	1.52	70.99	123.97
7.26	1.52	65.78	177.13
7.28	1.50	60.56	170.70
7.30	1.49	57.95	171.29
7.32	1.46	54.91	170.12
7.34	1.53	51.86	174.21
7.36	1.56	48.39	180.64
7.38	1.64	44.47	184.14
7.40	1.68	41.43	188.23

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
7.42	1.71	41.43	197.58
7.44	1.68	41.43	197.00
7.46	1.65	40.99	200.50
7.48	1.59	40.56	205.76
7.50	1.56	39.69	210.43
7.52	1.49	40.99	213.35
7.54	1.45	39.69	223.87
7.56	1.49	38.39	234.38
7.58	1.52	38.39	251.33
7.60	1.57	35.78	278.20
7.62	1.73	30.99	306.24
7.64	1.89	30.12	323.18
7.66	1.81	31.86	313.25
7.68	1.78	34.91	298.65
7.70	1.71	38.82	284.63
7.72	1.57	41.87	271.19
7.74	1.40	41.43	221.53
7.76	1.26	41.00	157.27
7.78	1.05	41.00	128.64
7.80	0.91	38.82	111.11
7.82	0.84	36.65	104.11
7.84	0.83	36.65	106.44
7.86	0.84	37.08	111.70
7.88	0.88	36.65	121.63
7.90	0.96	34.04	132.73
7.92	1.09	26.21	145.58
7.94	1.23	20.13	155.52
7.96	1.28	16.65	152.01
7.98	1.21	14.91	136.82
8.00	1.14	15.34	132.15
8.02	1.14	13.17	132.73
8.04	1.19	12.74	127.47
8.06	1.21	16.65	121.63
8.08	1.22	17.95	123.38
8.10	1.28	15.35	119.29
8.12	1.27	15.78	109.36
8.14	1.21	18.39	100.60
8.16	1.16	20.13	100.60
8.18	1.16	17.08	110.53
8.20	1.51	12.30	132.15
8.22	1.93	9.70	154.93
8.24	2.17	19.70	168.95
8.26	1.99	24.05	197.00
8.28	1.88	31.01	192.32
8.30	1.92	36.22	188.81
8.32	2.00	43.61	214.52
8.34	2.08	48.83	237.89
8.36	2.23	58.40	247.82
8.38	2.16	62.74	233.80
8.40	2.02	67.96	236.72

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
8.42	1.92	67.09	237.31
8.44	1.95	64.05	215.69
8.46	1.99	67.96	219.78
8.48	2.11	72.31	244.32
8.50	2.22	69.70	256.58
8.52	2.34	64.92	274.11
8.54	2.37	62.74	247.23
8.56	2.42	67.09	247.82
8.58	2.38	68.83	239.06
8.60	2.29	68.83	212.18
8.62	2.12	74.48	200.50
8.64	1.98	80.57	188.81
8.66	1.89	84.05	169.54
8.68	1.78	84.92	157.27
8.70	1.68	86.66	150.26
8.72	1.60	84.48	145.00
8.74	1.52	80.13	140.33
8.76	1.48	75.35	138.57
8.78	1.41	70.57	135.65
8.80	1.39	63.61	136.23
8.82	1.36	57.96	140.33
8.84	1.38	51.87	142.66
8.86	1.40	47.96	145.00
8.88	1.43	44.48	145.58
8.90	1.43	44.48	147.33
8.92	1.44	44.48	153.18
8.94	1.51	44.04	162.53
8.96	1.57	43.17	174.21
8.98	1.63	42.30	185.89
9.00	1.69	42.30	198.75
9.02	1.77	41.87	214.52
9.04	1.90	41.43	233.22
9.06	2.02	41.00	250.16
9.08	2.04	41.43	258.33
9.10	2.01	43.17	267.10
9.12	1.99	44.04	267.68
9.14	1.95	44.47	270.60
9.16	1.95	46.65	272.36
9.18	1.99	47.08	271.77
9.20	1.97	49.26	278.78
9.22	1.74	39.26	266.52
9.24	1.92	49.26	313.25
9.26	1.80	53.61	281.12
9.28	1.65	51.87	265.34
9.30	1.56	49.26	269.44
9.32	1.46	45.78	285.79
9.34	1.40	41.44	303.90
9.36	1.39	37.09	313.25
9.38	1.39	29.70	330.19
9.40	1.39	24.04	351.81

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it**Intergeo** .r.l.

Committente c/o DR. FRANCHI
Località NOVI DI MODENA
Cantiere VIA S. ALLENDE
Data 4/3/15
Preforo 0.40 m

Falda 1.10 ml

Prova **CPTU1**
Cert. N. 131/15
Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
9.42	1.45	21.87	367.00
9.44	1.59	20.57	344.22
9.46	1.82	22.74	342.46
9.48	2.13	27.09	284.63
9.50	2.34	31.00	237.89
9.52	2.50	32.74	166.61
9.54	2.42	40.57	121.63
9.56	2.31	43.61	106.44
9.58	2.33	37.09	107.61
9.60	2.13	38.39	97.10
9.62	1.80	37.52	87.75
9.64	1.48	36.65	89.50
9.66	1.46	36.65	106.44
9.68	1.65	36.22	123.97
9.70	1.95	39.70	136.23
9.72	2.02	41.87	137.99
9.74	2.11	37.09	121.05
9.76	2.26	40.57	104.69
9.78	2.69	41.00	116.96
9.80	3.12	36.65	94.17
9.82	3.31	45.35	77.81
9.84	3.20	46.65	64.96
9.86	2.65	40.57	54.44
9.88	2.22	38.83	49.19
9.90	1.80	37.09	45.10
9.92	1.77	37.52	56.78
9.94	1.87	36.22	63.79
9.96	1.69	38.83	61.45
9.98	1.45	37.09	60.29
10.00	1.28	34.92	65.55
10.02	1.39	29.70	77.81
10.04	1.76	28.83	93.00
10.06	2.70	27.52	114.62
10.08	4.77	31.44	139.74
10.10	7.12	32.74	122.22
10.12	8.86	29.70	107.02
10.14	9.99	30.13	100.01
10.16	10.20	26.22	94.76
10.18	9.68	21.44	90.67
10.20	8.62	17.96	85.41
10.22	7.06	17.96	82.49
10.24	6.42	17.53	78.40
10.26	6.01	19.26	77.23
10.28	5.86	19.70	77.23
10.30	5.85	19.26	76.65
10.32	5.88	18.40	78.40
10.34	6.06	16.66	78.98
10.36	6.35	15.35	81.32
10.38	6.79	13.18	84.82
10.40	7.15	12.31	87.16

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
10.42	7.36	11.00	88.33
10.44	7.39	11.87	88.91
10.46	7.52	13.61	90.08
10.48	7.53	14.48	90.67
10.50	7.54	14.92	91.84
10.52	7.54	14.92	92.42
10.54	7.42	15.35	90.67
10.56	6.99	14.91	87.16
10.58	6.43	15.35	83.66
10.60	5.91	14.91	81.32
10.62	5.59	15.35	80.74
10.64	5.42	14.91	80.15
10.66	5.48	14.91	76.06
10.68	5.71	17.52	64.96
10.70	6.25	22.74	56.78
10.72	6.99	26.21	56.20
10.74	7.83	27.95	55.61
10.76	8.65	29.26	56.20
10.78	8.96	31.43	54.44
10.80	8.71	30.99	51.53
10.82	8.16	22.73	50.94
10.84	7.72	12.30	53.28
10.86	7.52	10.99	54.44
10.88	7.37	12.73	55.03
10.90	7.26	16.64	56.20
10.92	7.26	17.95	57.37
10.94	7.16	17.08	57.95
10.96	6.98	15.77	59.12
10.98	6.82	15.77	59.12
11.00	6.72	14.90	60.29
11.02	6.70	14.47	61.45
11.04	6.72	13.60	62.04
11.06	6.70	13.60	63.21
11.08	6.66	12.73	63.79
11.10	6.69	12.29	64.96
11.12	6.79	12.29	66.13
11.14	6.82	11.86	66.71
11.16	6.78	12.29	67.30
11.18	6.75	13.16	67.30
11.20	6.72	14.46	67.89
11.22	6.63	13.59	67.89
11.24	6.42	13.15	66.71
11.26	6.23	13.15	66.71
11.28	6.06	13.15	66.71
11.30	5.87	12.72	66.71
11.32	5.70	12.72	66.13
11.34	5.54	13.59	65.55
11.36	5.37	13.15	65.55
11.38	5.16	12.28	64.96
11.40	4.96	11.85	63.79

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
11.42	4.82	11.85	63.21
11.44	4.79	10.98	62.63
11.46	4.79	10.98	60.29
11.48	4.77	10.11	57.37
11.50	4.80	10.11	53.86
11.52	4.70	10.11	51.53
11.54	4.53	9.67	50.36
11.56	4.34	8.37	48.60
11.58	4.11	7.50	46.85
11.60	3.83	6.20	45.68
11.62	3.56	7.06	43.93
11.64	3.24	6.20	42.18
11.66	2.89	5.76	40.43
11.68	2.77	7.06	39.26
11.70	2.90	11.85	32.83
11.72	3.32	21.85	36.33
11.74	4.04	29.24	35.75
11.76	4.92	30.11	35.17
11.78	6.05	32.28	36.33
11.80	7.05	35.76	34.58
11.82	7.23	32.72	33.42
11.84	6.90	30.11	34.58
11.86	6.68	24.02	36.33
11.88	6.62	18.37	37.50
11.90	6.68	17.93	39.84
11.92	6.57	19.24	39.84
11.94	6.44	22.72	39.84
11.96	6.96	26.20	42.76
11.98	7.33	24.02	45.10
12.00	7.44	20.54	47.44
12.02	7.33	17.50	46.27
12.04	7.32	15.33	47.44
12.06	7.50	15.76	49.77
12.08	7.83	14.46	52.69
12.10	8.27	14.46	56.20
12.12	8.81	15.76	59.70
12.14	9.71	20.54	65.55
12.16	10.59	24.45	71.39
12.18	10.97	26.19	75.48
12.20	11.01	22.72	77.81
12.22	10.99	19.24	87.75
12.24	11.15	19.67	89.50
12.26	11.28	20.11	92.42
12.28	11.37	22.28	94.76
12.30	11.46	24.02	97.10
12.32	11.46	24.89	98.85
12.34	11.34	26.19	100.01
12.36	11.12	25.32	100.60
12.38	10.92	24.89	101.18
12.40	10.81	24.45	102.94

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it

Committente c/o DR. FRANCHI

Località NOVI DI MODENA

Cantiere VIA S. ALLENDE

Data 4/3/15

Preforo 0.40 m

Falda 1.10 ml

Prova **CPTU1**

Cert. N. 131/15

Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
12.42	10.82	24.45	104.69
12.44	10.89	24.45	106.44
12.46	10.94	24.89	108.19
12.48	11.04	24.89	109.36
12.50	11.06	24.88	110.53
12.52	11.00	24.45	111.70
12.54	10.95	24.01	111.70
12.56	10.81	22.71	112.28
12.58	10.70	22.71	112.87
12.60	10.56	24.01	113.45
12.62	10.33	24.01	112.28
12.64	10.10	24.45	111.70
12.66	10.05	23.14	112.28
12.68	10.11	24.01	114.03
12.70	10.34	24.01	116.37
12.72	10.61	24.01	118.12
12.74	10.74	24.44	118.71
12.76	10.83	24.44	119.88
12.78	10.92	24.44	120.46
12.80	10.99	24.44	121.63
12.82	11.02	24.44	122.22
12.84	11.02	24.00	122.80
12.86	11.00	24.44	122.80
12.88	10.98	24.44	122.80
12.90	10.92	24.44	123.38
12.92	10.79	24.43	122.22
12.94	10.52	24.87	121.05
12.96	10.28	25.30	119.88
12.98	10.03	25.30	118.12
13.00	9.76	25.30	116.37
13.02	9.48	24.86	114.62
13.04	9.23	24.43	113.45
13.06	9.06	24.43	112.28
13.08	9.02	23.99	111.70
13.10	9.04	22.69	111.70
13.12	8.96	22.25	111.11
13.14	8.75	21.82	108.19
13.16	8.42	20.51	105.27
13.18	8.39	21.38	105.27
13.20	8.78	20.08	107.02
13.22	9.66	19.64	94.76
13.24	10.42	19.64	81.32
13.26	11.03	21.82	49.19
13.28	11.47	26.60	45.68
13.30	11.41	30.08	47.44
13.32	11.29	20.08	55.03
13.34	11.62	10.95	60.87
13.36	12.19	10.51	64.96
13.38	12.71	14.86	67.89
13.40	12.88	19.64	71.39

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
13.42	12.88	22.25	74.89
13.44	12.91	21.82	78.98
13.46	12.72	17.47	81.32
13.48	12.41	17.03	83.07
13.50	12.04	17.47	83.66
13.52	11.81	18.34	84.82
13.54	11.92	18.34	87.16
13.56	12.42	19.64	91.84
13.58	13.07	20.51	97.10
13.60	13.61	23.12	101.77
13.62	13.68	23.99	104.69
13.64	13.80	24.86	107.61
13.66	13.93	24.86	111.11
13.68	14.05	24.86	114.62
13.70	14.23	26.16	118.71
13.72	14.40	28.77	122.22
13.74	14.51	29.20	125.72
13.76	14.60	29.20	128.64
13.78	14.75	28.77	131.56
13.80	14.94	27.90	134.48
13.82	14.90	26.59	136.23
13.84	14.78	27.03	136.82
13.86	14.67	27.46	137.99
13.88	14.56	27.89	137.99
13.90	14.72	27.46	139.74
13.92	15.01	27.46	142.66
13.94	15.35	27.46	146.17
13.96	15.83	27.45	150.84
13.98	16.55	27.89	157.85
14.00	17.14	28.76	163.11
14.02	17.68	28.76	168.37
14.04	17.82	28.76	170.12
14.06	17.76	29.62	168.95
14.08	17.65	31.80	167.78
14.10	17.42	32.23	165.44
14.12	17.05	33.53	161.94
14.14	16.51	32.23	157.85
14.16	15.93	30.92	153.18
14.18	15.17	27.88	147.92
14.20	14.17	27.01	140.91
14.22	12.95	26.14	131.56
14.24	11.71	26.57	122.22
14.26	10.69	24.83	115.21
14.28	10.14	22.22	111.70
14.30	9.92	22.21	101.18
14.32	10.05	20.47	100.60
14.34	10.31	19.17	100.60
14.36	10.59	16.56	101.77
14.38	11.01	14.39	103.52
14.40	11.50	12.21	105.86

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
14.42	11.99	10.91	108.78
14.44	12.27	10.91	110.53
14.46	12.27	11.78	110.53
14.48	11.99	13.52	109.36
14.50	11.62	14.82	108.19
14.52	11.28	15.69	106.44
14.54	11.06	15.26	105.86
14.56	10.89	16.56	105.27
14.58	10.72	16.99	104.11
14.60	10.52	15.69	104.11
14.62	10.22	14.82	102.94
14.64	9.99	14.82	102.35
14.66	9.57	15.26	100.01
14.68	9.15	16.99	97.68
14.70	8.91	17.43	96.51
14.72	8.86	17.43	96.51
14.74	9.12	16.99	98.85
14.76	9.58	15.69	101.18
14.78	9.94	14.82	102.94
14.80	10.07	14.82	103.52
14.82	10.14	15.26	103.52
14.84	10.25	15.26	104.11
14.86	10.36	15.69	104.69
14.88	10.50	15.69	105.86
14.90	10.64	15.69	107.02
14.92	10.92	16.56	108.78
14.94	11.26	17.43	111.11
14.96	11.66	17.86	114.03
14.98	12.06	18.30	117.54
15.00	12.39	19.60	119.88
15.02	12.66	19.17	122.22
15.04	12.80	19.60	123.38
15.06	12.70	19.60	123.97
15.08	12.39	20.47	122.80
15.10	11.91	20.04	120.46
15.12	11.16	19.17	116.96
15.14	10.44	20.47	112.87
15.16	9.96	20.47	110.53
15.18	9.64	20.47	108.19
15.20	9.39	19.60	107.61
15.22	9.09	20.04	115.21
15.24	9.21	19.18	114.62
15.26	9.23	18.31	115.79
15.28	9.21	17.87	115.79
15.30	9.16	17.44	115.79
15.32	9.16	16.57	115.79
15.34	9.17	16.57	115.79
15.36	9.14	15.26	115.79
15.38	9.21	14.39	116.37
15.40	9.34	14.83	117.54

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it**Intergeo** .r.l.

Committente c/o DR. FRANCHI
Località NOVI DI MODENA
Cantiere VIA S. ALLENDE
Data 4/3/15
Preforo 0.40 m

Falda 1.10 ml

Prova **CPTU1**
Cert. N. 131/15
Emesso il 04/03/2015

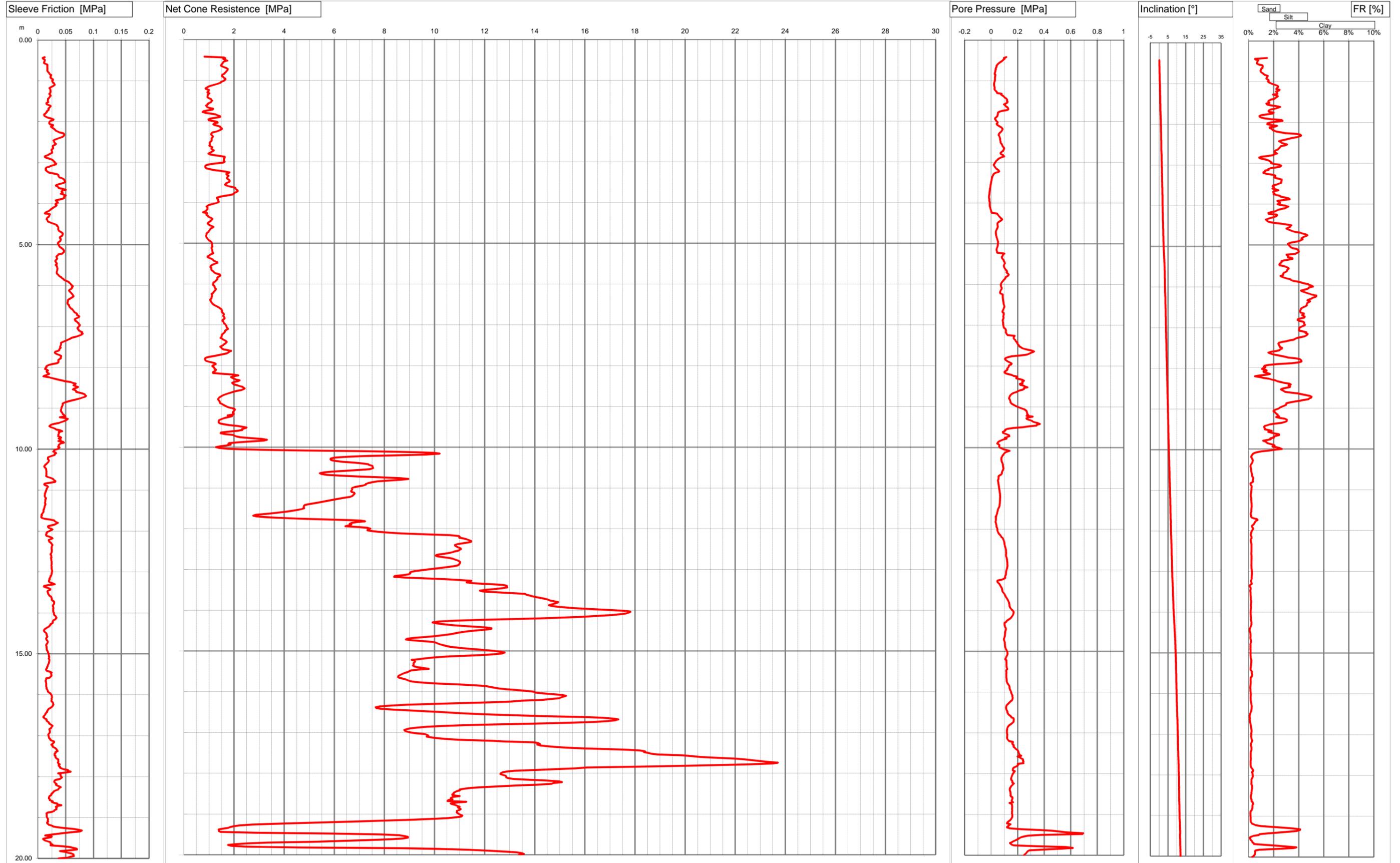
H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
15.42	9.57	16.57	119.88
15.44	9.77	21.79	121.05
15.46	9.34	24.83	114.62
15.48	9.04	23.09	113.45
15.50	8.99	23.96	114.03
15.52	8.92	24.39	115.21
15.54	8.80	24.39	114.62
15.56	8.73	22.65	114.62
15.58	8.66	21.35	114.62
15.60	8.60	14.83	114.62
15.62	8.55	14.83	114.03
15.64	8.54	14.39	114.62
15.66	8.60	13.52	115.21
15.68	8.74	14.39	116.37
15.70	8.86	14.39	116.96
15.72	8.94	14.83	117.54
15.74	9.03	14.83	118.12
15.76	9.23	14.83	119.88
15.78	9.57	14.83	122.22
15.80	10.14	14.83	126.31
15.82	10.89	15.27	131.56
15.84	11.56	15.27	135.65
15.86	12.02	15.70	137.99
15.88	12.21	17.00	138.57
15.90	12.37	17.44	139.16
15.92	12.59	17.87	140.33
15.94	12.88	19.18	142.66
15.96	13.28	21.79	145.58
15.98	13.69	22.66	148.50
16.00	13.96	23.96	150.26
16.02	14.03	24.83	151.43
16.04	14.31	24.83	154.34
16.06	14.74	25.27	157.85
16.08	15.09	24.83	160.77
16.10	15.25	24.40	159.60
16.12	15.16	24.83	161.36
16.14	15.06	24.40	161.36
16.16	14.97	24.40	161.36
16.18	14.63	26.13	159.60
16.20	14.30	27.00	157.85
16.22	13.48	27.44	147.92
16.24	13.04	27.87	141.49
16.26	12.26	27.00	135.65
16.28	11.13	26.13	130.39
16.30	9.87	24.83	123.38
16.32	8.90	22.65	118.12
16.34	8.24	20.05	114.62
16.36	7.83	18.31	112.87
16.38	7.65	17.44	112.28
16.40	7.67	16.57	112.87

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
16.42	7.90	16.57	114.03
16.44	8.38	14.83	116.37
16.46	9.00	13.52	119.88
16.48	9.66	13.09	123.38
16.50	10.29	12.22	122.80
16.52	10.84	10.91	125.72
16.54	11.45	9.61	129.22
16.56	12.35	10.04	135.65
16.58	13.31	12.22	143.24
16.60	14.49	15.26	151.43
16.62	15.92	15.26	152.59
16.64	16.72	15.70	168.95
16.66	17.15	17.87	170.70
16.68	17.34	19.61	169.54
16.70	17.22	20.04	170.12
16.72	16.94	21.78	170.12
16.74	16.38	24.83	165.44
16.76	15.44	26.56	158.44
16.78	14.04	25.26	150.84
16.80	12.56	23.96	141.49
16.82	11.28	23.09	133.90
16.84	10.30	20.48	128.64
16.86	9.71	20.48	125.13
16.88	9.29	21.35	122.80
16.90	9.02	21.35	121.63
16.92	8.88	21.35	120.46
16.94	8.79	20.48	119.29
16.96	8.82	19.17	119.29
16.98	8.91	18.30	119.29
17.00	9.04	19.17	119.29
17.02	9.29	19.17	120.46
17.04	9.62	20.04	122.22
17.06	9.71	20.04	121.63
17.08	9.76	21.78	121.05
17.10	9.69	22.21	119.88
17.12	9.87	24.38	119.88
17.14	10.10	28.73	121.63
17.16	10.44	29.17	124.55
17.18	11.09	27.43	128.64
17.20	12.09	26.12	136.23
17.22	12.75	23.95	163.69
17.24	13.96	26.13	163.69
17.26	14.14	26.13	158.44
17.28	14.20	27.43	161.94
17.30	14.10	30.91	170.70
17.32	14.20	32.65	170.12
17.34	14.55	33.52	168.37
17.36	14.89	34.39	176.55
17.38	15.56	35.69	181.80
17.40	16.47	31.35	189.40

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
17.42	17.56	32.22	199.33
17.44	18.17	30.04	204.00
17.46	18.40	30.04	206.34
17.48	18.36	30.04	207.51
17.50	18.51	31.78	209.26
17.52	18.64	31.34	212.18
17.54	18.89	32.21	213.35
17.56	19.91	33.95	227.37
17.58	20.26	36.56	199.33
17.60	20.63	36.13	215.69
17.62	21.23	36.56	224.45
17.64	22.02	36.56	238.47
17.66	22.39	35.69	240.81
17.68	22.65	36.56	240.22
17.70	22.98	39.17	244.32
17.72	23.26	36.99	241.39
17.74	23.70	37.42	243.73
17.76	23.52	39.60	200.50
17.78	22.57	39.60	204.59
17.80	21.28	42.20	199.91
17.82	19.62	46.55	189.98
17.84	17.99	53.94	175.96
17.86	16.08	53.50	167.20
17.88	15.62	58.72	164.28
17.90	14.86	51.33	163.69
17.92	14.00	36.11	162.53
17.94	13.18	40.45	178.89
17.96	12.83	40.45	172.45
17.98	12.70	40.45	168.95
18.00	12.65	41.75	164.86
18.02	12.63	43.06	160.77
18.04	12.71	41.32	158.44
18.06	12.83	39.14	156.68
18.08	12.86	31.75	153.76
18.10	12.86	29.57	152.01
18.12	12.93	29.14	150.26
18.14	13.17	29.57	150.26
18.16	13.77	31.31	154.34
18.18	14.48	33.48	159.02
18.20	14.98	32.18	160.19
18.22	15.09	34.78	159.60
18.24	14.74	38.26	171.87
18.26	14.67	40.87	164.86
18.28	14.11	38.26	159.02
18.30	13.28	36.96	152.59
18.32	12.57	36.09	147.92
18.34	11.97	31.31	145.00
18.36	11.47	28.70	142.08
18.38	11.17	27.39	140.91
18.40	11.00	26.09	140.33

Committente c/o DR. FRANCHI
Località NOVI DI MODENA
Cantiere VIA S. ALLENDE
Operatore DOTT. STANZANI
Prova nr. CPTU1 Cert. N. 131/15
Data 4\3\15 Emesso il 04/03/2015
Falda 1.10 ml
Preforo 0.40 m

 **Intergeo**...
Via Austria, 24 - 41100 MODENA (MO) - ITALY
Telefono +39 059 313999
Telefax +39 059 454827
Email info@intergeosrl.it



Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it

Committente c/o DR. FRANCHI

Località NOVI DI MODENA

Cantiere VIA S.ALLENDE

Data 4/3/15

Preforo 0.40m

Falda 1.00 ml

Prova **CPTU2**

Cert. N. 132/15

Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
0.42	1.36	22.41	17.22
0.44	2.06	20.67	12.33
0.46	1.92	21.97	17.83
0.48	1.74	20.24	8.67
0.50	1.59	18.50	89.26
0.52	1.51	17.63	92.92
0.54	1.43	17.20	50.79
0.56	1.34	17.20	97.80
0.58	1.31	15.46	37.36
0.60	1.29	13.72	25.76
0.62	1.31	13.29	17.22
0.64	1.33	15.03	14.77
0.66	1.39	18.07	15.38
0.68	1.41	19.81	18.44
0.70	1.40	21.99	16.61
0.72	1.35	24.16	13.55
0.74	1.33	28.08	9.28
0.76	1.28	31.55	10.50
0.78	1.27	33.73	12.94
0.80	1.26	34.60	4.40
0.82	1.25	34.60	0.73
0.84	1.22	33.73	3.17
0.86	1.16	32.43	9.89
0.88	1.13	31.13	17.22
0.90	1.10	29.82	23.32
0.92	1.08	28.96	28.82
0.94	1.04	28.96	26.37
0.96	1.03	30.26	37.36
0.98	0.99	31.13	34.31
1.00	0.98	28.09	40.42
1.02	0.93	24.61	36.14
1.04	0.93	22.01	31.87
1.06	0.94	19.40	23.93
1.08	1.03	18.09	18.44
1.10	1.22	15.92	5.62
1.12	1.41	15.49	-1.10
1.14	1.53	15.49	-6.60
1.16	1.42	16.79	-3.55
1.18	1.26	17.66	16.00
1.20	1.14	18.53	55.68
1.22	1.00	20.27	69.11
1.24	1.06	16.80	76.43
1.26	1.10	15.49	84.98
1.28	1.16	16.80	94.14
1.30	1.42	17.25	107.57
1.32	1.39	20.30	82.54
1.34	1.41	24.21	64.84
1.36	1.40	26.38	66.06
1.38	1.32	27.26	67.28
1.40	1.23	27.26	61.78

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
1.42	1.11	25.08	66.67
1.44	1.11	22.04	88.03
1.46	1.10	19.87	109.40
1.48	1.05	18.56	113.06
1.50	0.99	15.95	98.41
1.52	1.01	15.52	97.80
1.54	1.08	15.52	87.42
1.56	1.17	15.52	79.49
1.58	1.19	16.83	67.28
1.60	1.27	16.83	60.56
1.62	1.36	19.44	61.17
1.64	1.47	20.74	68.50
1.66	1.58	22.91	96.58
1.68	1.71	25.09	92.31
1.70	1.79	26.83	79.49
1.72	1.80	27.26	51.40
1.74	1.80	27.26	45.91
1.76	1.77	28.14	44.69
1.78	1.67	29.00	52.01
1.80	1.43	29.44	54.46
1.82	1.24	26.83	44.08
1.84	1.12	25.10	33.70
1.86	1.05	25.53	27.59
1.88	1.17	24.23	42.25
1.90	1.34	22.05	50.18
1.92	1.50	19.88	56.90
1.94	1.52	19.44	54.46
1.96	1.53	20.75	41.03
1.98	1.50	22.49	31.87
2.00	1.44	22.49	23.93
2.02	1.43	24.23	23.93
2.04	1.37	24.23	35.53
2.06	1.30	23.36	42.25
2.08	1.23	22.92	55.68
2.10	1.17	20.31	77.05
2.12	1.19	17.27	99.02
2.14	1.30	16.84	111.23
2.16	1.44	17.27	117.95
2.18	1.44	18.57	102.08
2.20	1.41	18.14	85.59
2.22	1.32	20.75	70.33
2.24	1.25	24.66	57.51
2.26	1.19	30.31	41.03
2.28	1.23	43.35	31.26
2.30	1.23	45.53	25.76
2.32	1.24	44.22	15.38
2.34	1.22	42.05	50.18
2.36	1.17	39.44	45.91
2.38	1.10	34.22	49.57
2.40	1.04	26.83	54.46

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
2.42	0.98	20.74	58.73
2.44	0.94	17.27	65.45
2.46	0.92	16.83	75.82
2.48	0.89	16.83	73.99
2.50	0.89	13.35	71.55
2.52	0.95	10.31	77.05
2.54	1.02	9.44	77.66
2.56	1.06	9.87	84.98
2.58	1.04	10.31	91.70
2.60	0.99	12.05	92.92
2.62	0.99	11.18	100.24
2.64	1.05	10.74	92.92
2.66	1.00	9.44	92.92
2.68	1.00	8.13	85.59
2.70	1.06	10.74	88.64
2.72	1.23	13.79	90.48
2.74	1.35	17.26	83.76
2.76	1.40	17.26	80.10
2.78	1.46	18.13	69.72
2.80	1.68	19.87	71.55
2.82	1.95	20.74	77.05
2.84	2.36	24.22	82.54
2.86	2.81	24.65	85.59
2.88	3.00	16.83	97.80
2.90	3.02	12.04	117.34
2.92	2.87	12.04	130.16
2.94	2.62	12.48	118.56
2.96	2.27	11.17	94.75
2.98	1.94	8.57	96.58
3.00	1.61	5.52	106.35
3.02	1.43	4.65	112.45
3.04	1.36	5.09	118.56
3.06	1.36	5.52	116.12
3.08	1.43	5.95	94.75
3.10	1.52	10.30	80.71
3.12	1.61	15.95	81.32
3.14	1.65	22.04	84.98
3.16	1.64	25.08	103.30
3.18	1.52	23.34	108.79
3.20	1.27	24.21	101.47
3.22	1.12	24.64	91.70
3.24	1.05	20.30	88.03
3.26	1.00	17.25	86.20
3.28	1.01	13.77	92.92
3.30	1.29	10.73	122.22
3.32	2.42	19.41	80.71
3.34	2.57	22.02	68.50
3.36	2.52	17.67	69.72
3.38	2.38	17.67	98.41
3.40	2.30	17.23	108.79

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it



Intergeo .r.l.



Committente c/o DR. FRANCHI
Località NOVI DI MODENA
Cantiere VIA S.ALLENDE
Data 4\3\15
Preforo 0.40m

Falda 1.00 ml

Prova **CPTU2**
Cert. N. 132/15
Emesso i 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
3.42	2.21	17.67	76.43
3.44	2.12	15.93	53.24
3.46	1.99	15.06	32.48
3.48	1.88	17.23	14.16
3.50	1.87	22.45	8.67
3.52	2.02	27.66	-1.71
3.54	2.42	31.58	1.95
3.56	3.01	36.36	8.67
3.58	3.71	44.62	9.89
3.60	4.17	50.27	8.67
3.62	4.48	43.32	15.38
3.64	4.63	36.36	19.05
3.66	4.60	32.01	8.67
3.68	4.56	26.36	10.50
3.70	4.65	26.36	14.77
3.72	4.69	28.09	11.72
3.74	4.72	29.40	14.16
3.76	4.75	28.96	11.72
3.78	4.82	29.39	8.06
3.80	5.02	30.26	9.28
3.82	5.17	27.65	3.79
3.84	5.16	25.04	1.34
3.86	4.94	25.48	-11.48
3.88	4.68	24.61	-15.76
3.90	4.33	27.22	-26.74
3.92	3.96	26.35	-32.24
3.94	3.49	25.48	-35.29
3.96	2.94	20.26	-37.73
3.98	2.22	13.30	-40.79
4.00	1.60	7.21	-38.95
4.02	1.28	3.73	-39.57
4.04	1.14	5.90	-36.51
4.06	1.01	5.47	-32.85
4.08	0.96	5.90	-31.02
4.10	0.99	5.47	-24.91
4.12	1.01	7.20	-25.52
4.14	0.98	9.81	-26.13
4.16	0.92	15.03	-20.64
4.18	0.90	17.20	-20.64
4.20	0.89	18.50	-18.81
4.22	0.86	22.85	-18.81
4.24	0.85	26.33	-12.09
4.26	0.84	28.06	-5.38
4.28	0.82	29.35	1.95
4.30	0.82	29.35	5.01
4.32	0.83	29.35	83.76
4.34	0.82	29.35	83.15
4.36	0.80	28.92	81.32
4.38	0.78	26.74	88.64
4.40	0.78	26.31	76.43

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
4.42	0.77	25.44	55.07
4.44	0.73	24.13	39.19
4.46	0.72	22.83	39.80
4.48	0.71	21.96	41.64
4.50	0.71	21.52	38.58
4.52	0.68	21.96	28.21
4.54	0.66	21.96	23.93
4.56	0.61	20.65	23.93
4.58	0.60	19.34	26.37
4.60	0.65	18.04	24.54
4.62	0.73	15.86	33.09
4.64	0.85	15.00	31.26
4.66	0.89	15.43	26.98
4.68	0.88	15.00	19.66
4.70	0.82	12.82	17.22
4.72	0.80	10.21	19.66
4.74	0.82	8.47	19.66
4.76	0.83	8.03	24.54
4.78	0.89	8.03	22.71
4.80	0.97	8.47	23.93
4.82	1.03	8.03	23.93
4.84	1.09	8.47	16.00
4.86	1.14	9.34	15.38
4.88	1.14	10.21	11.72
4.90	1.09	12.38	9.28
4.92	0.99	13.68	12.33
4.94	0.97	13.68	17.83
4.96	0.96	15.42	14.16
4.98	1.02	14.99	15.38
5.00	1.09	13.25	12.94
5.02	1.14	13.25	11.72
5.04	1.18	13.68	5.01
5.06	1.18	15.42	-1.10
5.08	1.18	17.59	-7.82
5.10	1.17	18.46	-15.15
5.12	1.15	19.33	-19.42
5.14	1.15	20.63	-17.59
5.16	1.17	21.94	-20.03
5.18	1.18	23.24	-18.81
5.20	1.17	23.24	-12.70
5.22	1.17	22.37	-9.65
5.24	1.15	21.94	0.12
5.26	1.22	19.75	129.55
5.28	1.22	22.36	110.01
5.30	1.22	24.10	96.58
5.32	1.17	24.97	88.64
5.34	1.11	26.71	76.43
5.36	1.08	28.01	62.39
5.38	1.02	28.01	59.34
5.40	0.99	27.58	52.01

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
5.42	0.98	24.53	42.86
5.44	0.95	22.80	35.53
5.46	0.93	21.92	30.65
5.48	0.92	21.49	20.27
5.50	0.96	18.44	24.54
5.52	1.08	15.40	21.49
5.54	1.22	13.23	26.98
5.56	1.31	13.66	42.25
5.58	1.42	14.96	53.85
5.60	1.49	17.14	64.22
5.62	1.54	20.61	66.06
5.64	1.54	25.40	59.95
5.66	1.50	32.35	55.07
5.68	1.47	37.57	48.35
5.70	1.41	43.22	55.68
5.72	1.35	47.14	60.56
5.74	1.31	49.31	70.94
5.76	1.30	51.05	91.70
5.78	1.25	50.18	90.48
5.80	1.23	49.31	73.38
5.82	1.21	46.70	67.28
5.84	1.19	45.39	66.06
5.86	1.21	43.65	58.73
5.88	1.22	41.04	53.24
5.90	1.24	37.13	48.35
5.92	1.22	36.26	41.64
5.94	1.21	34.52	34.92
5.96	1.23	34.52	28.21
5.98	1.24	33.65	26.98
6.00	1.29	33.65	27.59
6.02	1.30	32.78	27.59
6.04	1.31	32.34	28.21
6.06	1.34	32.34	31.26
6.08	1.35	32.34	31.26
6.10	1.36	32.77	30.04
6.12	1.36	33.64	31.87
6.14	1.33	34.95	29.43
6.16	1.30	37.56	29.43
6.18	1.33	39.29	24.54
6.20	1.27	41.03	23.32
6.22	1.24	41.47	17.22
6.24	1.22	41.47	78.27
6.26	1.23	46.68	69.72
6.28	1.21	48.41	81.93
6.30	1.20	51.02	82.54
6.32	1.20	53.63	86.20
6.34	1.20	55.37	82.54
6.36	1.21	54.94	75.82
6.38	1.24	54.94	70.94
6.40	1.25	55.37	67.89

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it**Intergeo** .r.l.

Committente c/o DR. FRANCHI
Località NOVI DI MODENA
Cantiere VIA S.ALLENDE
Data 4/3/15
Preforo 0.40m

Falda 1.00 ml

Prova **CPTU2**
Cert. N. 132/15
Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
6.42	1.28	54.94	63.00
6.44	1.28	54.94	63.00
6.46	1.25	54.94	56.90
6.48	1.21	52.76	56.90
6.50	1.22	51.02	61.78
6.52	1.21	50.59	62.39
6.54	1.18	50.59	60.56
6.56	1.16	51.89	51.40
6.58	1.15	54.06	46.52
6.60	1.15	55.80	39.80
6.62	1.15	58.41	36.14
6.64	1.16	59.28	33.70
6.66	1.17	59.28	35.53
6.68	1.16	58.41	34.31
6.70	1.15	57.97	26.37
6.72	1.16	56.23	22.10
6.74	1.16	55.80	17.83
6.76	1.14	55.36	26.98
6.78	1.16	54.06	23.93
6.80	1.14	53.19	31.26
6.82	1.18	53.19	26.98
6.84	1.17	53.19	24.54
6.86	1.15	53.19	20.88
6.88	1.15	53.19	17.22
6.90	1.15	53.18	16.00
6.92	1.20	52.75	17.22
6.94	1.22	53.62	14.16
6.96	1.22	55.79	15.38
6.98	1.26	57.53	22.10
7.00	1.32	58.40	24.54
7.02	1.35	58.83	23.93
7.04	1.40	58.40	22.71
7.06	1.40	58.40	23.32
7.08	1.48	60.14	14.77
7.10	1.47	62.74	13.55
7.12	1.46	65.35	9.89
7.14	1.46	65.79	6.23
7.16	1.43	67.09	2.56
7.18	1.41	69.70	3.17
7.20	1.41	71.87	5.01
7.22	1.40	72.74	5.01
7.24	1.38	70.13	59.34
7.26	1.36	71.00	64.22
7.28	1.40	71.00	64.22
7.30	1.41	71.87	67.28
7.32	1.46	72.31	67.28
7.34	1.46	70.57	73.99
7.36	1.44	68.83	92.31
7.38	1.48	67.96	112.45
7.40	1.51	68.39	135.04

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
7.42	1.56	69.69	119.78
7.44	1.64	70.56	147.86
7.46	1.66	72.30	180.83
7.48	1.71	71.87	211.97
7.50	1.69	70.13	249.21
7.52	1.64	69.69	230.89
7.54	1.59	68.82	244.32
7.56	1.56	66.21	221.73
7.58	1.59	63.17	203.42
7.60	1.64	58.82	229.06
7.62	1.70	54.91	270.57
7.64	1.77	48.82	295.60
7.66	1.81	45.34	320.63
7.68	1.78	43.17	281.56
7.70	1.75	42.30	303.54
7.72	1.74	40.56	295.60
7.74	1.71	37.52	221.73
7.76	1.71	34.47	166.18
7.78	1.74	32.30	103.30
7.80	1.74	31.86	74.60
7.82	1.81	29.25	58.12
7.84	1.82	27.95	54.46
7.86	1.86	27.95	44.69
7.88	2.01	29.25	31.87
7.90	2.00	33.60	17.83
7.92	2.04	34.04	13.55
7.94	2.01	31.86	10.50
7.96	1.97	29.69	-4.77
7.98	1.92	29.25	-6.60
8.00	1.69	30.12	-4.77
8.02	1.62	27.95	9.28
8.04	1.49	26.64	14.16
8.06	1.37	26.21	6.84
8.08	1.33	26.65	-0.49
8.10	1.31	24.04	-3.55
8.12	1.38	23.17	-10.26
8.14	1.40	21.43	-8.43
8.16	1.56	17.95	-10.87
8.18	1.65	14.91	-9.65
8.20	1.73	14.47	-5.38
8.22	1.80	14.47	22.10
8.24	1.81	14.47	63.61
8.26	1.71	14.91	63.61
8.28	2.06	17.09	37.97
8.30	1.94	23.17	114.29
8.32	1.94	31.00	117.34
8.34	2.10	32.74	155.19
8.36	2.35	37.09	195.48
8.38	2.74	40.57	120.39
8.40	3.10	45.35	75.82

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
8.42	3.44	52.74	44.69
8.44	3.66	47.96	56.29
8.46	3.83	45.78	149.69
8.48	3.97	42.31	276.07
8.50	4.03	36.22	290.11
8.52	4.02	31.87	210.13
8.54	3.93	32.31	191.82
8.56	3.92	31.00	177.17
8.58	4.00	27.52	255.31
8.60	4.10	26.65	229.67
8.62	4.16	26.22	181.44
8.64	4.14	26.65	146.64
8.66	4.08	29.26	105.74
8.68	3.97	29.26	70.94
8.70	3.86	25.35	53.24
8.72	3.76	21.87	44.08
8.74	3.73	18.39	33.09
8.76	3.80	15.78	31.87
8.78	3.94	20.13	30.04
8.80	4.05	23.18	22.10
8.82	4.16	27.09	19.05
8.84	4.26	26.65	16.00
8.86	4.36	27.96	8.67
8.88	4.47	31.87	8.06
8.90	4.58	38.39	12.33
8.92	4.70	45.78	16.00
8.94	4.78	54.91	19.66
8.96	4.80	57.52	40.42
8.98	4.70	63.61	53.24
9.00	4.62	71.00	59.95
9.02	4.54	71.87	78.27
9.04	4.03	79.70	97.19
9.06	2.95	89.26	133.21
9.08	2.40	100.56	160.07
9.10	1.98	103.17	179.00
9.12	1.78	80.13	178.39
9.14	1.61	61.43	163.13
9.16	1.57	62.73	140.54
9.18	1.59	53.60	128.33
9.20	1.71	41.43	115.51
9.22	1.68	41.86	108.79
9.24	1.71	36.65	105.13
9.26	1.85	32.30	397.56
9.28	2.46	31.43	321.25
9.30	2.63	29.68	260.20
9.32	2.60	32.73	222.34
9.34	2.77	34.46	200.98
9.36	2.91	42.29	191.21
9.38	2.96	55.77	186.94
9.40	3.03	61.42	186.94

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it

Committente c/o DR. FRANCHI

Località NOVI DI MODENA

Cantiere VIA S.ALLENDE

Data 4\3\15

Preforo 0.40m

Falda 1.00 ml

Prova **CPTU2**

Cert. N. 132/15

Emesso i 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
9.42	3.03	67.07	196.70
9.44	2.99	77.94	216.24
9.46	2.89	89.25	246.15
9.48	2.94	92.29	262.64
9.50	2.95	87.51	289.50
9.52	2.89	91.42	232.72
9.54	2.83	96.20	130.77
9.56	2.75	99.68	75.21
9.58	2.64	99.68	53.24
9.60	2.54	106.20	41.64
9.62	2.47	108.81	26.37
9.64	2.42	105.33	-82.79
9.66	2.29	102.29	22.71
9.68	2.15	100.54	73.38
9.70	2.06	94.46	149.69
9.72	2.03	87.50	229.06
9.74	1.98	87.50	198.53
9.76	1.92	89.24	99.02
9.78	1.92	88.80	59.95
9.80	1.93	86.19	59.34
9.82	1.97	82.72	78.27
9.84	1.97	77.93	95.36
9.86	1.94	73.58	76.43
9.88	1.89	70.11	44.69
9.90	1.81	69.67	8.06
9.92	1.77	69.67	-6.60
9.94	1.72	70.10	-4.77
9.96	1.72	70.10	23.93
9.98	1.74	68.36	34.31
10.00	1.70	67.49	17.83
10.02	1.70	66.19	-4.16
10.04	1.69	64.01	-5.38
10.06	1.69	62.27	1.34
10.08	1.72	60.97	19.05
10.10	1.70	60.10	58.12
10.12	1.70	60.53	198.53
10.14	1.69	61.40	285.23
10.16	1.67	61.40	59.34
10.18	1.63	60.10	78.27
10.20	1.61	58.36	95.36
10.22	1.62	57.49	76.43
10.24	1.64	56.62	44.69
10.26	1.61	56.62	8.06
10.28	1.56	56.19	-6.60
10.30	1.67	54.88	-4.77
10.32	1.67	53.15	23.93
10.34	1.63	50.54	34.31
10.36	1.50	44.45	17.83
10.38	1.34	38.80	-4.16
10.40	1.43	38.37	-5.38

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
10.42	2.57	34.89	1.34
10.44	4.22	26.19	19.05
10.46	5.48	20.11	204.03
10.48	6.27	17.93	139.32
10.50	6.87	16.63	109.40
10.52	7.27	13.58	88.03
10.54	7.51	9.24	70.94
10.56	7.80	6.19	61.78
10.58	8.21	5.76	78.27
10.60	8.61	5.76	73.99
10.62	8.96	7.50	72.77
10.64	9.38	9.67	79.49
10.66	9.69	10.98	82.54
10.68	9.84	11.85	82.54
10.70	9.80	13.59	73.38
10.72	9.53	14.46	73.99
10.74	8.94	14.89	72.77
10.76	8.42	17.07	75.21
10.78	7.98	19.24	83.15
10.80	7.28	19.68	86.81
10.82	6.78	21.85	86.20
10.84	6.53	21.41	89.87
10.86	6.97	20.11	88.03
10.88	7.43	20.54	90.48
10.90	7.71	25.33	92.31
10.92	8.11	27.93	93.53
10.94	8.36	31.41	92.92
10.96	8.45	38.37	92.31
10.98	8.39	35.76	86.20
11.00	8.46	24.46	87.42
11.02	8.55	19.24	88.03
11.04	8.74	16.63	92.92
11.06	9.05	16.63	89.87
11.08	9.47	18.37	81.32
11.10	9.79	18.37	75.82
11.12	9.95	14.89	71.55
11.14	9.97	17.06	70.33
11.16	9.92	17.50	70.94
11.18	9.91	16.63	67.89
11.20	9.97	17.06	70.94
11.22	10.07	17.49	70.94
11.24	10.23	15.75	72.77
11.26	10.44	17.92	72.77
11.28	10.59	20.53	70.94
11.30	10.58	20.53	73.38
11.32	10.53	20.53	72.77
11.34	10.57	20.10	70.33
11.36	10.62	20.53	70.94
11.38	10.59	19.66	74.60
11.40	10.51	20.10	75.21

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
11.42	10.55	19.23	78.27
11.44	10.52	18.36	80.10
11.46	10.51	17.49	80.10
11.48	10.31	17.05	79.49
11.50	9.77	16.62	80.10
11.52	9.21	15.31	81.93
11.54	8.71	15.75	82.54
11.56	8.38	15.75	92.92
11.58	8.15	14.88	83.15
11.60	7.97	14.44	84.37
11.62	7.90	13.14	84.98
11.64	7.87	12.70	77.66
11.66	7.83	11.83	82.54
11.68	7.75	10.96	75.82
11.70	7.71	11.83	73.99
11.72	7.64	12.26	77.05
11.74	7.55	12.70	72.16
11.76	7.37	13.13	68.50
11.78	7.14	13.13	61.78
11.80	6.91	13.13	57.51
11.82	6.74	12.26	46.52
11.84	6.60	11.83	44.08
11.86	6.44	10.96	37.97
11.88	6.36	10.52	34.92
11.90	6.36	10.95	25.15
11.92	6.50	12.26	29.43
11.94	6.65	11.82	47.13
11.96	6.71	10.52	58.12
11.98	6.82	11.82	40.42
12.00	6.79	12.26	28.82
12.02	6.62	10.52	23.93
12.04	6.43	10.08	26.98
12.06	6.30	10.08	20.27
12.08	6.19	10.52	15.38
12.10	6.14	10.95	15.38
12.12	6.14	11.82	17.83
12.14	6.05	12.69	22.71
12.16	5.90	12.69	30.65
12.18	5.83	11.82	34.92
12.20	5.76	10.52	37.36
12.22	5.41	10.08	41.64
12.24	6.55	11.83	37.97
12.26	7.97	13.57	44.69
12.28	9.49	20.09	46.52
12.30	10.45	27.04	52.01
12.32	11.32	32.26	58.73
12.34	11.78	43.57	68.50
12.36	11.89	48.35	75.21
12.38	12.07	37.05	81.32
12.40	12.37	27.48	88.64

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it**Intergeo** .r.l.

Committente c/o DR. FRANCHI

Località NOVI DI MODENA

Cantiere VIA S.ALLENDE

Data 4/3/15

Preforo 0.40m

Falda 1.00 ml

Prova **CPTU2**

Cert. N. 132/15

Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
12.42	12.48	24.00	94.75
12.44	12.82	22.26	95.97
12.46	13.44	22.70	102.08
12.48	14.11	24.00	105.13
12.50	14.60	19.22	107.57
12.52	15.01	21.83	117.34
12.54	15.13	24.87	115.51
12.56	15.08	26.17	114.90
12.58	15.07	27.91	119.17
12.60	15.13	29.65	116.12
12.62	15.24	30.09	121.00
12.64	15.32	30.09	124.05
12.66	15.39	31.39	125.27
12.68	15.47	31.82	128.94
12.70	15.53	31.39	131.38
12.72	15.66	30.95	123.44
12.74	16.03	29.21	125.27
12.76	16.48	29.21	124.05
12.78	17.17	30.08	126.50
12.80	18.02	31.38	131.38
12.82	18.68	30.95	126.50
12.84	18.79	32.69	125.89
12.86	18.55	33.56	122.22
12.88	18.18	33.99	117.34
12.90	17.86	36.16	116.12
12.92	17.53	37.46	112.45
12.94	17.21	40.51	113.06
12.96	16.85	42.24	114.90
12.98	16.45	43.98	114.29
13.00	16.06	43.98	110.01
13.02	15.74	43.11	114.29
13.04	15.60	42.24	112.45
13.06	15.84	40.93	112.45
13.08	16.45	38.76	107.57
13.10	16.69	36.58	106.96
13.12	16.36	34.84	105.13
13.14	15.66	34.40	105.74
13.16	14.40	34.40	105.74
13.18	13.12	36.14	105.13
13.20	12.23	37.01	103.30
13.22	11.78	40.47	105.74
13.24	11.58	41.34	111.84
13.26	10.84	38.73	114.90
13.28	9.95	35.69	123.44
13.30	9.16	30.90	125.89
13.32	8.67	25.25	121.00
13.34	8.42	23.08	121.61
13.36	8.57	20.47	121.61
13.38	8.91	17.86	116.12
13.40	9.49	18.29	114.90

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
13.42	9.96	19.16	111.23
13.44	10.00	18.29	116.73
13.46	9.75	14.82	116.73
13.48	9.58	11.77	118.56
13.50	9.57	11.77	121.00
13.52	9.71	13.08	119.17
13.54	10.00	15.69	113.06
13.56	10.91	13.51	113.06
13.58	12.33	13.08	107.57
13.60	13.42	14.38	111.84
13.62	13.83	16.99	110.62
13.64	13.84	16.55	110.01
13.66	13.40	17.86	116.12
13.68	13.02	22.21	117.95
13.70	12.80	23.08	124.66
13.72	12.70	20.47	119.17
13.74	12.87	20.03	124.66
13.76	13.11	22.64	128.94
13.78	13.44	21.77	127.11
13.80	13.78	19.16	130.77
13.82	14.04	17.86	130.77
13.84	14.27	15.69	132.60
13.86	14.55	14.38	133.82
13.88	14.92	13.51	134.43
13.90	15.35	15.69	136.26
13.92	15.66	17.86	107.57
13.94	15.78	19.60	122.22
13.96	15.72	21.77	118.56
13.98	15.57	22.21	117.95
14.00	15.45	22.64	118.56
14.02	15.36	24.38	122.22
14.04	15.22	24.82	116.12
14.06	15.03	24.38	119.17
14.08	14.73	24.82	119.78
14.10	14.50	25.25	117.95
14.12	14.34	24.38	112.45
14.14	14.37	25.25	104.52
14.16	14.49	26.55	102.69
14.18	14.70	26.55	100.85
14.20	15.09	25.25	100.85
14.22	15.04	24.81	97.19
14.24	15.45	23.94	92.92
14.26	15.48	23.94	93.53
14.28	15.36	24.81	88.64
14.30	15.08	25.25	94.14
14.32	14.63	26.12	103.30
14.34	14.02	26.55	103.30
14.36	13.18	27.85	89.26
14.38	12.46	29.16	75.21
14.40	11.94	29.59	70.94

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
14.42	11.62	29.59	71.55
14.44	11.24	27.85	68.50
14.46	10.73	25.25	60.56
14.48	10.20	22.20	59.95
14.50	9.96	20.03	55.07
14.52	9.88	18.29	48.35
14.54	9.94	17.42	44.69
14.56	10.03	15.68	50.18
14.58	10.18	14.37	142.98
14.60	10.47	14.37	124.05
14.62	10.90	13.50	126.50
14.64	11.26	11.77	127.11
14.66	11.57	11.76	125.89
14.68	11.73	11.76	119.17
14.70	11.66	11.76	113.68
14.72	11.20	12.20	108.18
14.74	10.35	13.07	102.69
14.76	9.50	13.50	109.40
14.78	8.90	13.50	122.22
14.80	8.49	14.37	134.43
14.82	8.24	14.37	130.16
14.84	8.06	13.50	129.55
14.86	7.97	12.63	135.04
14.88	7.90	11.76	131.99
14.90	7.84	10.89	131.99
14.92	7.82	11.76	131.38
14.94	7.79	12.20	138.10
14.96	7.83	12.63	138.10
14.98	7.87	12.20	137.48
15.00	7.99	10.89	134.43
15.02	8.13	10.46	138.10
15.04	8.27	10.46	135.65
15.06	8.36	10.46	130.16
15.08	8.44	10.03	128.94
15.10	8.53	10.03	129.55
15.12	8.72	10.46	122.22
15.14	8.93	10.46	127.11
15.16	9.11	10.46	130.77
15.18	9.40	11.77	133.21
15.20	9.81	11.77	127.11
15.22	10.01	12.64	125.27
15.24	11.00	14.39	116.73
15.26	11.50	13.52	108.79
15.28	11.76	12.65	110.01
15.30	11.98	10.91	102.69
15.32	12.36	12.22	104.52
15.34	12.77	12.22	106.96
15.36	13.00	13.09	109.40
15.38	13.13	15.26	116.12
15.40	13.05	16.57	124.05

Via Austria, 24 - 41100 MODENA - ITALY

Telefono +39 059 313999

Telefax +39 059 454827

Email info@intergeosrl.it

Committente c/o DR. FRANCHI

Località NOVI DI MODENA

Cantiere VIA S.ALLENDE

Data 4\3\15

Preforo 0.40m

Falda 1.00 ml

Prova **CPTU2**

Cert. N. 132/15

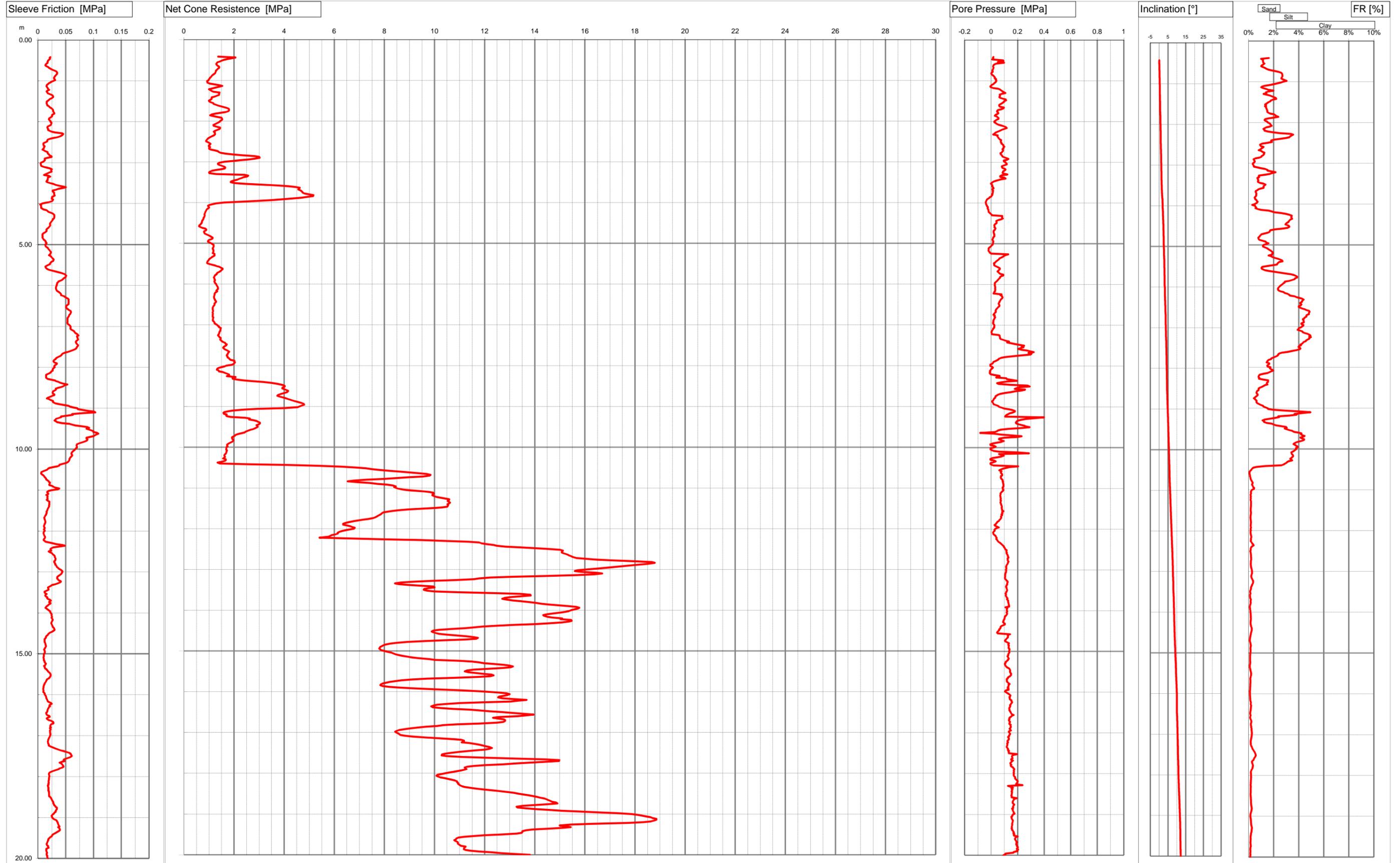
Emesso il 04/03/2015

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
15.42	12.72	17.87	134.43
15.44	12.09	18.31	140.54
15.46	11.55	20.48	142.98
15.48	11.28	21.78	142.98
15.50	11.21	22.65	142.98
15.52	11.35	22.65	144.20
15.54	11.62	22.65	150.31
15.56	11.95	22.22	149.08
15.58	12.28	20.48	150.31
15.60	12.36	19.61	146.03
15.62	12.22	16.57	135.65
15.64	11.68	15.70	127.11
15.66	10.71	14.83	125.27
15.68	9.71	14.39	117.95
15.70	9.06	13.09	117.34
15.72	8.68	12.22	118.56
15.74	8.42	11.78	119.17
15.76	8.21	10.91	125.27
15.78	8.07	10.48	130.16
15.80	7.92	10.04	138.71
15.82	7.86	10.04	130.77
15.84	7.84	9.61	132.60
15.86	7.91	9.17	130.77
15.88	8.19	9.61	124.05
15.90	8.66	10.04	131.38
15.92	9.24	9.61	124.05
15.94	10.01	9.61	131.99
15.96	10.88	11.78	110.01
15.98	11.51	12.22	103.91
16.00	12.00	12.22	110.62
16.02	12.57	13.52	119.78
16.04	12.88	14.39	130.16
16.06	13.00	14.82	139.32
16.08	12.92	14.82	146.03
16.10	12.75	15.69	143.59
16.12	12.57	16.56	136.87
16.14	12.54	17.00	141.76
16.16	12.69	17.43	138.71
16.18	13.11	20.04	142.37
16.20	13.67	23.08	152.75
16.22	13.35	24.82	153.36
16.24	13.02	22.22	157.02
16.26	11.92	20.48	157.63
16.28	11.02	21.78	150.92
16.30	10.47	20.04	147.86
16.32	10.11	19.18	141.76
16.34	9.96	18.31	144.81
16.36	9.87	17.44	142.37
16.38	9.93	17.00	138.10
16.40	10.23	17.00	135.65

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
16.42	10.73	16.56	138.10
16.44	11.42	14.83	137.48
16.46	11.79	14.83	139.93
16.48	12.21	15.26	145.42
16.50	12.68	17.00	148.47
16.52	13.12	20.48	150.31
16.54	13.52	21.35	154.58
16.56	13.96	17.87	169.23
16.58	13.66	15.70	156.41
16.60	13.29	17.00	150.92
16.62	12.59	19.17	140.54
16.64	12.34	23.96	136.26
16.66	12.56	27.00	139.32
16.68	12.77	27.87	133.82
16.70	12.82	27.87	135.04
16.72	12.81	23.95	141.76
16.74	12.75	22.65	141.76
16.76	12.49	22.22	138.10
16.78	11.76	22.22	136.87
16.80	10.89	23.08	147.86
16.82	10.36	21.34	145.42
16.84	10.11	22.65	147.86
16.86	9.65	22.65	147.86
16.88	9.30	21.34	144.20
16.90	9.03	21.78	138.10
16.92	8.78	21.78	143.59
16.94	8.59	21.78	149.08
16.96	8.48	22.65	133.21
16.98	8.43	22.21	133.82
17.00	8.47	21.78	138.10
17.02	8.54	21.34	142.37
17.04	8.59	20.47	141.76
17.06	8.64	19.60	134.43
17.08	8.81	19.17	136.26
17.10	9.14	18.29	126.50
17.12	9.58	18.29	131.99
17.14	10.08	17.86	133.82
17.16	10.64	17.86	133.21
17.18	11.06	18.29	127.72
17.20	11.18	18.29	122.22
17.22	11.18	19.60	125.27
17.24	11.08	19.17	126.50
17.26	11.40	22.21	120.39
17.28	11.63	25.26	123.44
17.30	11.79	29.17	121.61
17.32	11.92	32.65	120.39
17.34	12.06	36.13	116.73
17.36	12.20	40.91	119.17
17.38	12.29	47.00	124.66
17.40	12.20	51.78	128.33

H	Rp	Rl	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
17.42	12.00	56.13	125.89
17.44	11.61	58.74	134.43
17.46	11.23	59.17	130.16
17.48	10.94	60.47	134.43
17.50	10.66	60.91	133.82
17.52	10.42	58.74	195.48
17.54	10.30	55.26	168.62
17.56	10.28	50.47	158.24
17.58	10.47	46.99	156.41
17.60	11.13	46.13	158.24
17.62	12.09	48.30	161.29
17.64	13.32	43.08	152.14
17.66	14.43	38.73	150.92
17.68	14.98	41.78	164.96
17.70	14.97	43.51	155.80
17.72	14.45	44.38	150.92
17.74	13.78	45.69	145.42
17.76	13.24	46.12	146.03
17.78	12.76	43.51	152.75
17.80	12.05	39.17	147.25
17.82	11.56	36.55	150.31
17.84	11.30	32.64	163.13
17.86	11.20	27.42	166.79
17.88	11.24	23.94	173.50
17.90	11.28	21.33	174.73
17.92	11.15	20.03	169.23
17.94	11.00	19.59	172.28
17.96	10.77	20.03	172.28
17.98	10.60	20.46	168.62
18.00	10.46	20.46	173.50
18.02	10.27	20.03	169.84
18.04	10.11	20.03	169.84
18.06	10.08	19.59	173.50
18.08	10.13	19.59	179.61
18.10	10.23	19.16	181.44
18.12	10.40	19.16	181.44
18.14	10.56	19.16	187.55
18.16	10.70	19.59	193.04
18.18	10.82	18.29	199.76
18.20	10.90	19.16	199.76
18.22	10.89	17.42	195.48
18.24	10.95	18.29	191.21
18.26	10.94	18.29	187.55
18.28	10.99	19.16	235.78
18.30	11.03	18.29	126.50
18.32	11.11	19.16	146.64
18.34	11.22	18.29	164.35
18.36	11.44	19.60	153.36
18.38	11.69	19.60	161.90
18.40	11.97	20.03	154.58

Committente c/o DR. FRANCHI
Località NOVI DI MODENA
Cantiere VIA S.ALLENDE
Operatore DOTT. STANZANI
Prova nr. CPTU2 Cert. N. 132/15
Data 4\3\15 Emesso il 04/03/2015
Falda 1.00 ml
Preforo 0.40m



Allegato 3

Analisi sismiche eseguite per questo studio (MASW e HVSR)

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI NOVI DI MODENA

**INDAGINE GEOFISICA
CON METODO SISMICO MASW E HVSr
VIA SALVADOR ALLENDE**

RELAZIONE TECNICA

A cura di:
Dott. Geol. G. Vaccari

MARZO 2015

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. INDAGINE MASW	3
1.1 METODO DI INDAGINE	3
1.2 STRUMENTAZIONE	5
1. ELABORAZIONE	5
1.3 RISULTATI - DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	7
2. INDAGINE HVSR	9
2.1 METODO DI INDAGINE	9

INTRODUZIONE

Su incarico del Dott. Geol. Valeriano Franchi, è stata eseguita su di un lotto di terreno situato presso Via Don Minzoni a Novi di Modena, una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo ed un'acquisizione di sismica passiva con registrazione di microtremori con tecnica HVSR. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{S30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") ed alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05) e di individuare la frequenza di vibrazione naturale di sito.

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

1. INDAGINE MASW

1.1 METODO DI INDAGINE

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

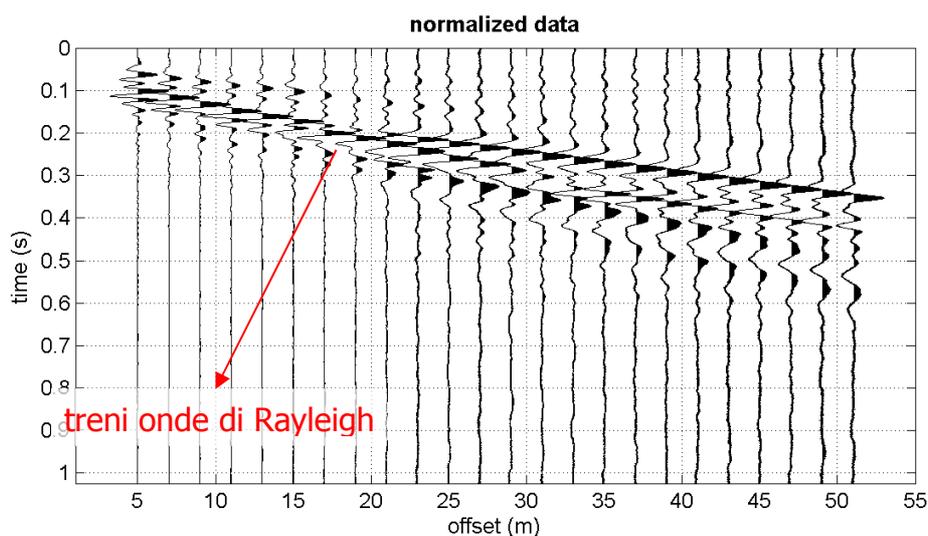
La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e

profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



- Sismogramma -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, utilizzando tutto lo spazio a disposizione, con spaziatura tra i geofoni di 2,0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 2,0 m, 5,0 m e 10,0 metri dal primo.

1.2 STRUMENTAZIONE

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16S24-U", dotato di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

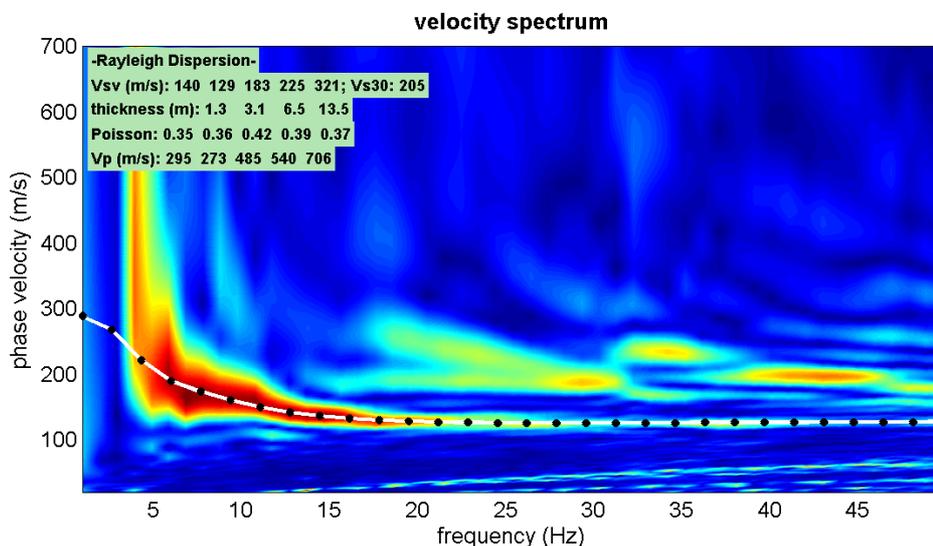
Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

1.3 ELABORAZIONE

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 4.8 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-velocità con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



-diagramma della curva di dispersione-

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri velocità di taglio (Vs) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (Vp) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative Vs, possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello di

inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio prove penetrometriche statiche CPT, è stato possibile impostare un modello geologico\geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

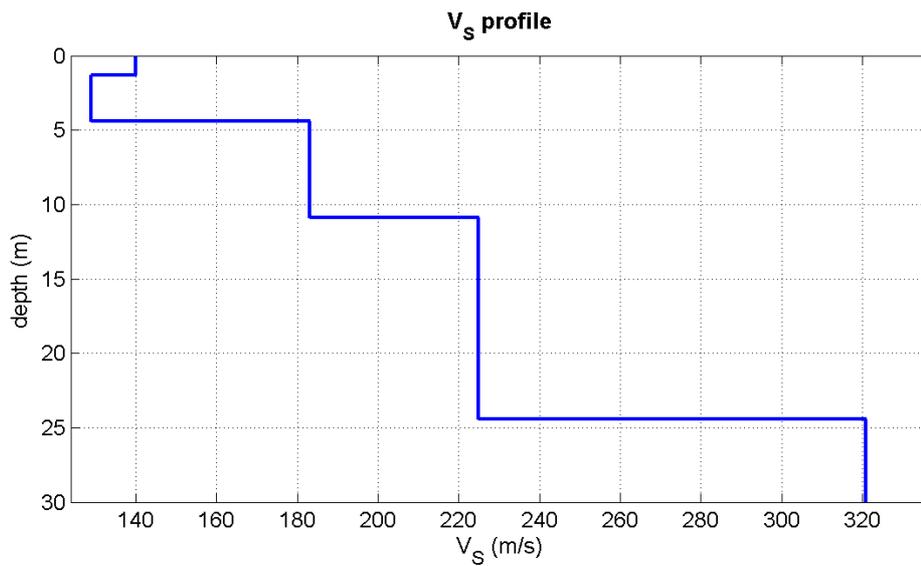
In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

1.4 RISULTATI - DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna risulta pari a **205 m/sec.**

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
1.3	1.3	140
4.4	3.1	129
10.9	6.5	183
24.4	13.5	225
30.0	5.6	321



- *Diagramma velocità/profondità* -

2. INDAGINE HVSR

2.1 METODO DI INDAGINE

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

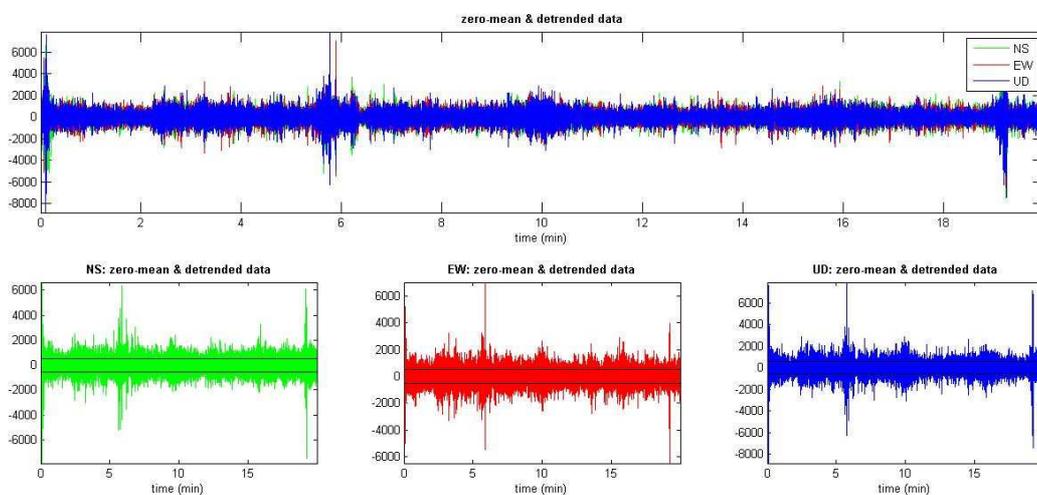
Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo

valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

2.2 RISULTATI OTTENUTI

Dati riepilogativi:

Dataset: MT_20150310_124520.SAF
 Sampling frequency (Hz): 200
 Window length (sec): 40
 Length of analysed temporal sequence (min): 18.5
 Tapering (%): 10



- Dati di Campagna-

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

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $0.7 > 0.25$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $1582 > 200$ (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) =====

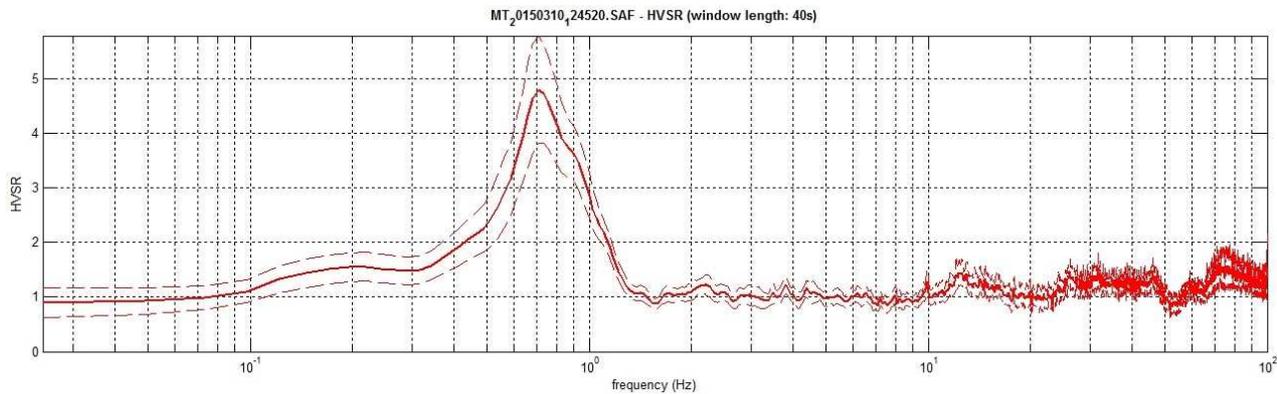
- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$: yes, at frequency 0.5Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.1Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $4.8 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)]$: $3.058 > 0.110$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.984 < 2$ (OK)

Risultati:

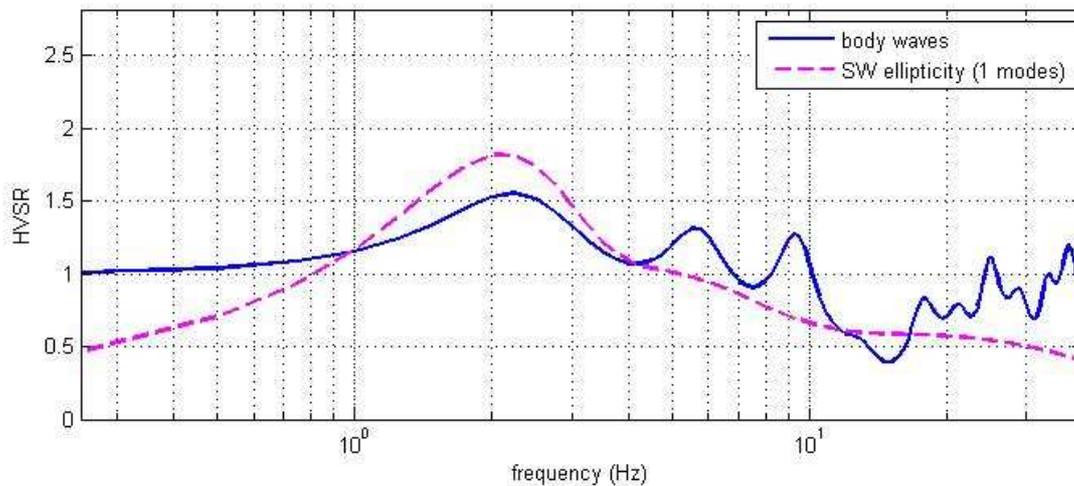
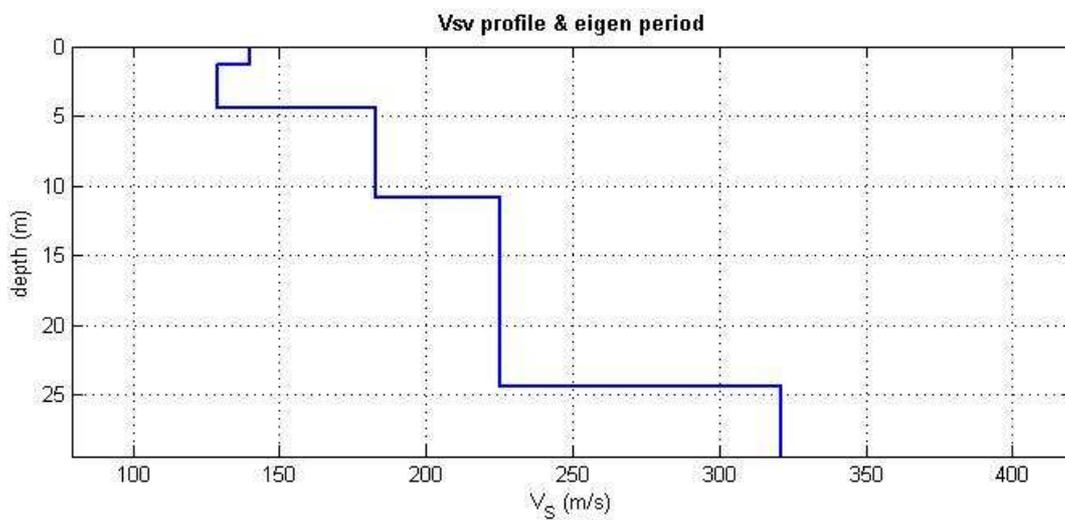
Peak frequency (Hz): 0.7

Peak HVSR value: 4.8 (± 0.9)

Grafico rapporto spettrale H/V



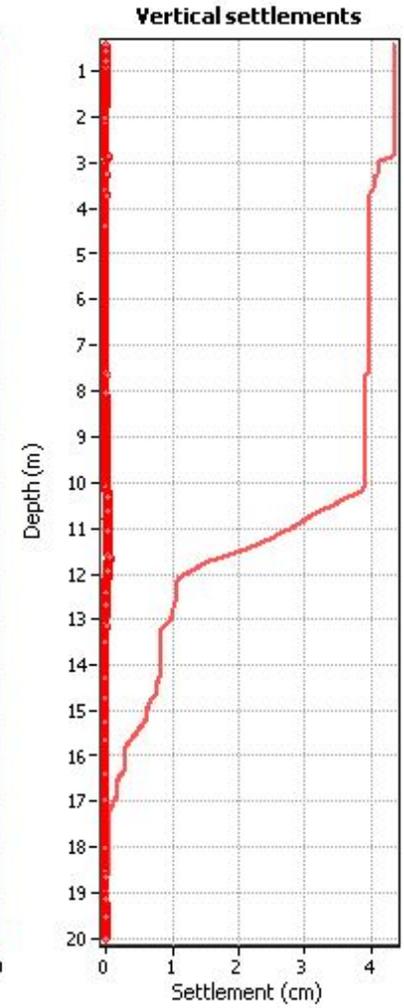
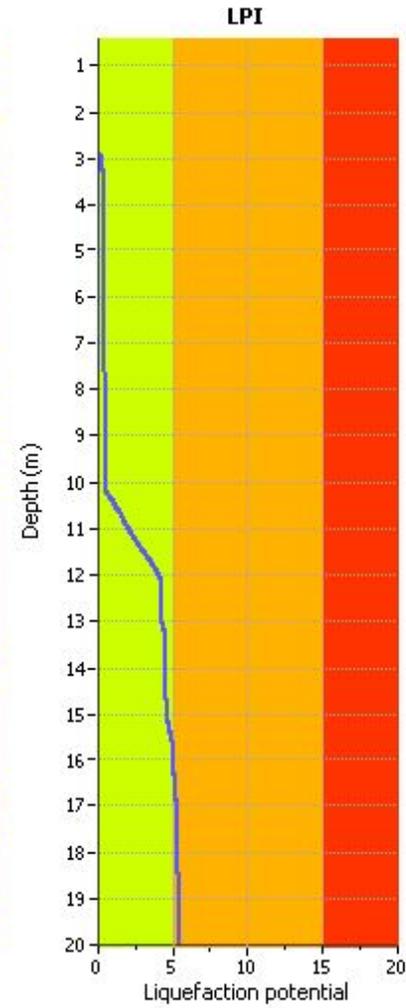
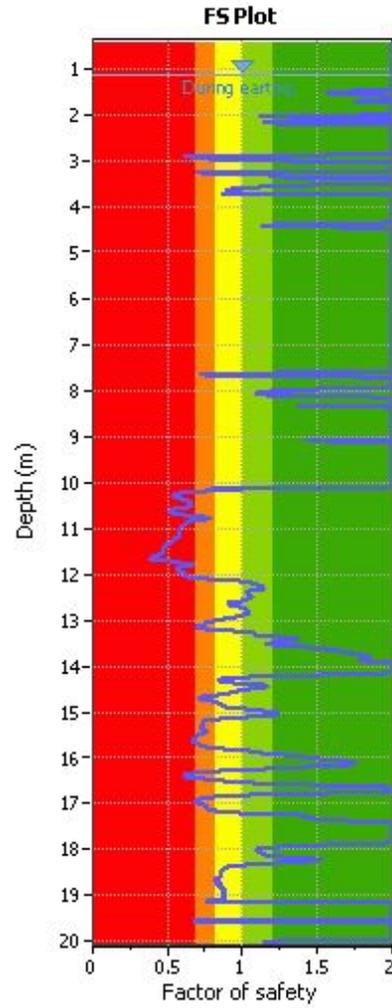
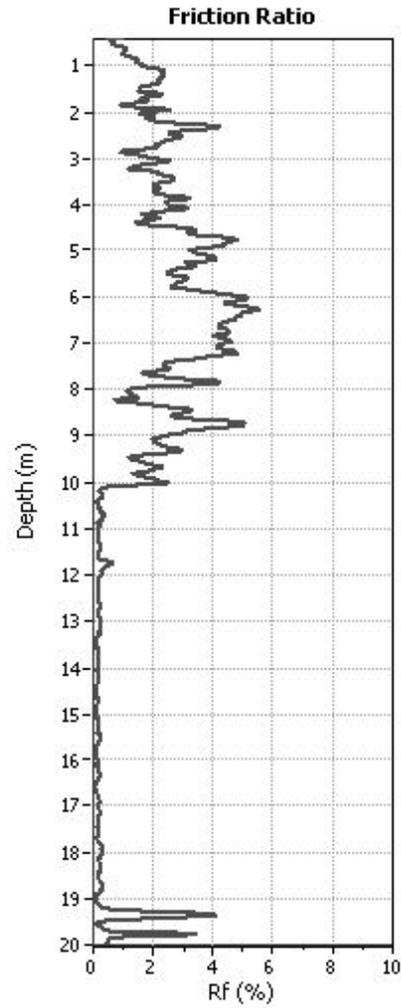
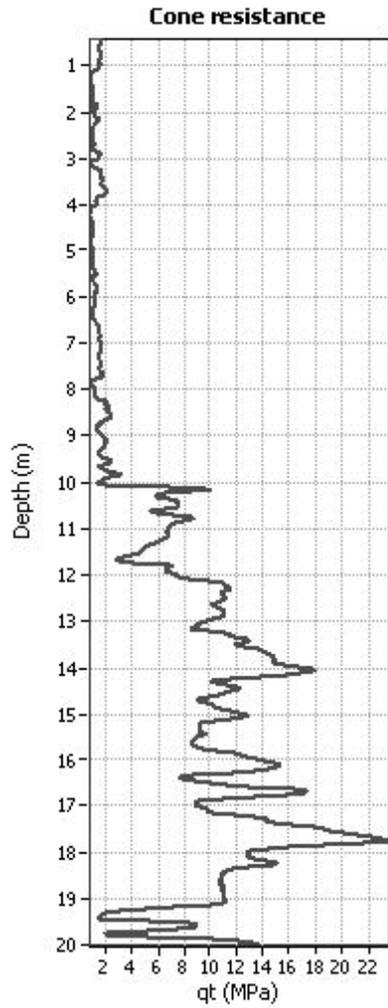
Rapporto spettrale H/V



- Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Allegato 4

Analisi di suscettività alla liquefazione Grafici di calcolo

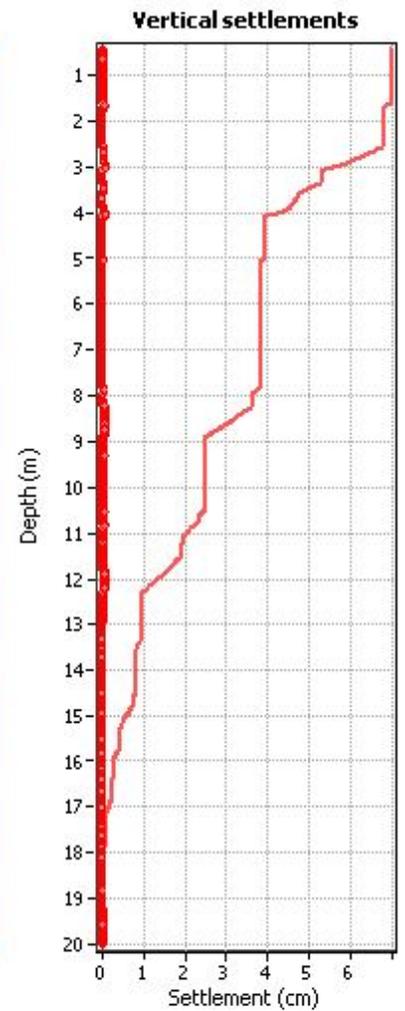
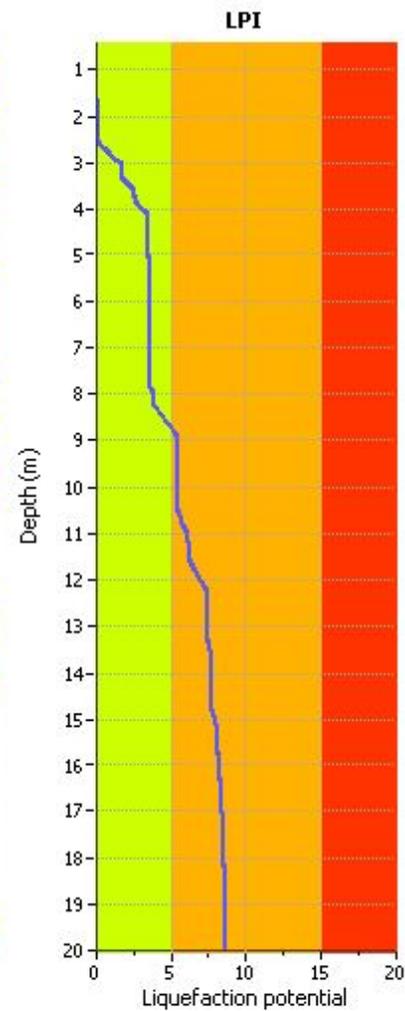
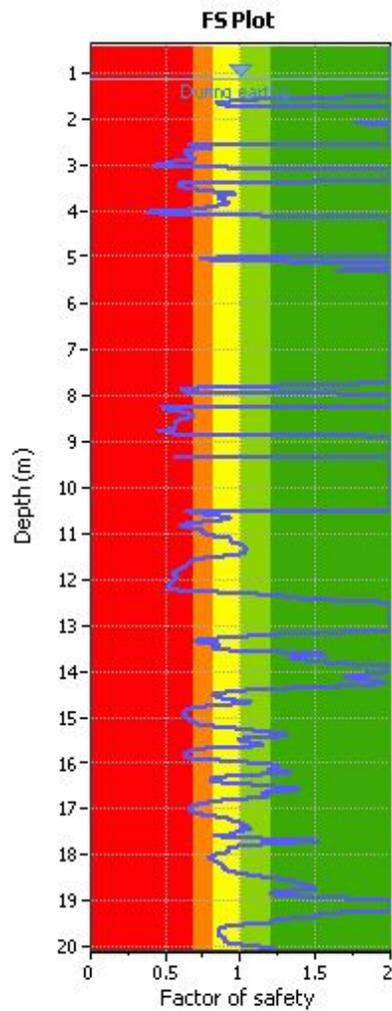
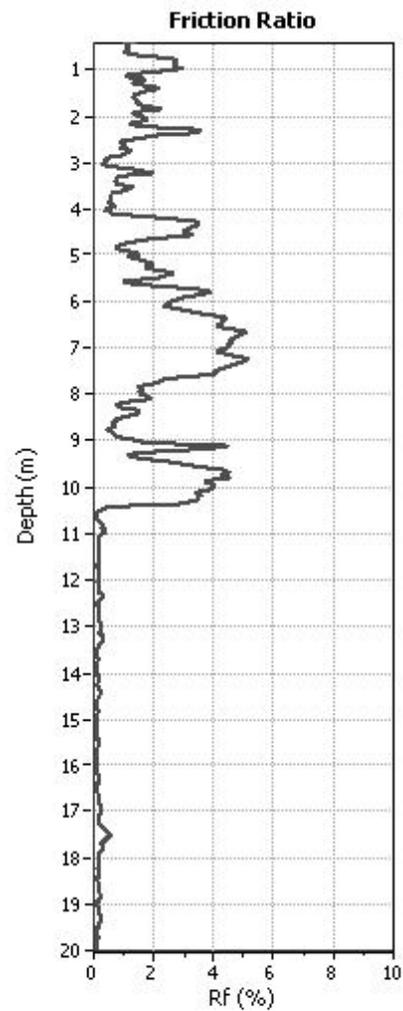
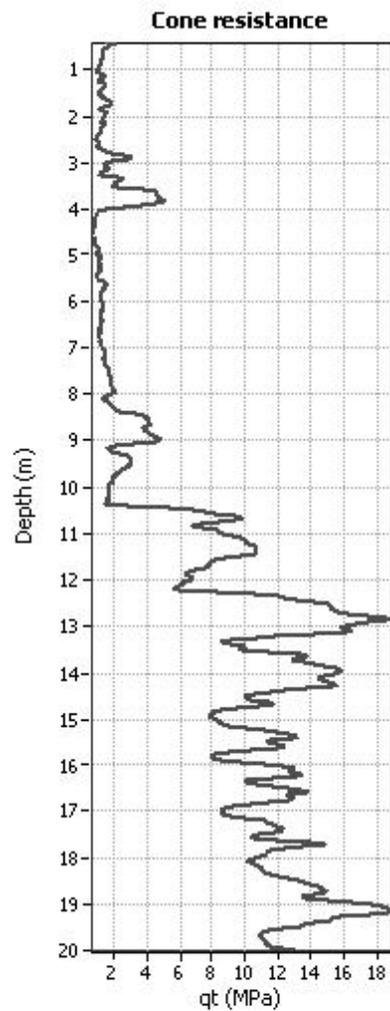


Analysis method: Robertson (2009)
 Fines correction method: Robertson (2009)
 Points to test: Based on Ic value
 Earthquake magnitude M_w : 5.80
 Peak ground acceleration: 0.31

G.W.T. (in-situ): 1.10 m
 G.W.T. (earthq.): 1.10 m
 Average results interval: 3
 Ic cut-off value: 2.60
 Unit weight calculation: Based on SBT

Use fill: No
 Fill height: N/A
 Fill weight: N/A
 Trans. detect. applied: Yes
 K_v applied: Yes

Clay like behavior applied: All soils
 Limit depth applied: Yes
 Limit depth: 20.00 m
 MSF method: Method based



Analysis method: Robertson (2009)
 Fines correction method: Robertson (2009)
 Points to test: Based on Ic value
 Earthquake magnitude M_w : 5.80
 Peak ground acceleration: 0.31

G.W.T. (in-situ): 1.10 m
 G.W.T. (earthq.): 1.10 m
 Average results interval: 3
 Ic cut-off value: 2.60
 Unit weight calculation: Based on SBT

Use fill: No
 Fill height: N/A
 Fill weight: N/A
 Trans. detect. applied: Yes
 K_s applied: Yes

Clay like behavior applied: All soils
 Limit depth applied: Yes
 Limit depth: 20.00 m
 MSF method: Method based