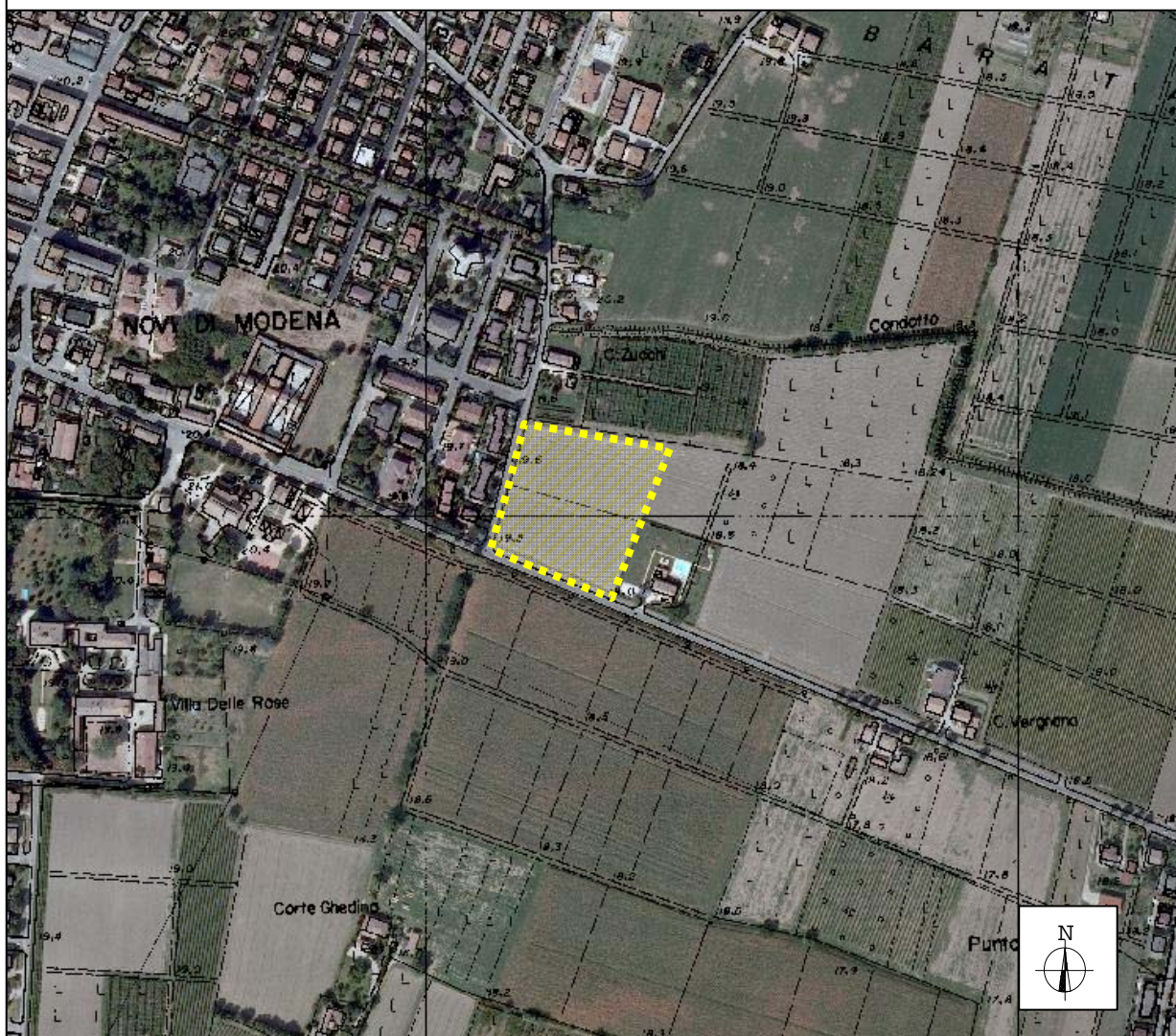


**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA DI UN LOTTO  
DI TERRENO UBICATO IN VIA DEL GESU' NEL  
CENTRO ABITATO DI NOVI DI MODENA (MO).**



**TECNICO : DOTT. GEOL. A. FIORI**

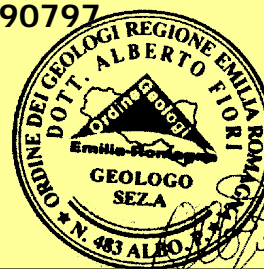
**Via Radici in Piano, 371 - FORMIGINE fr. Casinalbo (MO)**

**Tel./Fax :059/550703 - Cell. 338/6190797**

**COLLABORAZIONE : DOTT. GEOL. R. SALONI**

**Via Viareggio, 14 - MODENA (MO)**

**Cell. 334/2277015**



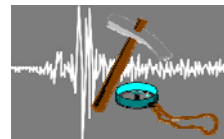


## INDICE

<b>1 - PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....</b>	<b>5</b>
<b>4 - IDROGEOLOGIA.....</b>	<b>6</b>
<b>5 - IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....</b>	<b>8</b>
<b>6 - SISMICITA' DEL TERRITORIO .....</b>	<b>8</b>
6.1 – CARATTERI GENERALI.....	8
6.2 – MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	11
<b>7 – INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</b>	<b>13</b>
7.1 – GENERALITA' .....	13
7.2 – INDAGINI PENETROMETRICHE .....	14
<b>8 - INDAGINI GEOFISICHE.....</b>	<b>17</b>
8.1 INTRODUZIONE E BASI TEORICHE SISMICA PASSIVA .....	17
8.2 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	18
8.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI .....	19
<b>9. ANALISI SISMICA .....</b>	<b>24</b>
9.1 CLASSIFICAZIONE.....	24
9.2 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO .....	24
9.3 DATI DI INPUT SISMICO .....	26
9.4 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE AL P.D.C. – TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO IN RIFERIMENTO ALLA D.G.R. 112/2007 – .....	28
<b>10 - VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>30</b>
<b>11 - CONCLUSIONI .....</b>	<b>36</b>

## ALLEGATI

1. DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE;
2. ELABORAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE.
3. RELAZIONE INDAGINE GEOFISICA (MASW).



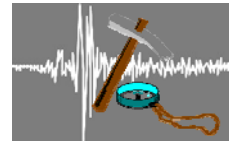
## **1 - PREMESSA**

La presente relazione è finalizzata alla verifica di fattibilità geologica e sismica per l'utilizzo ai fini edificatori di un lotto di terreno collocato tra Via Don Giovanni Minzoni e Via del Gesù nel centro abitato di Novi di Modena, (foto n. 1 e 2).

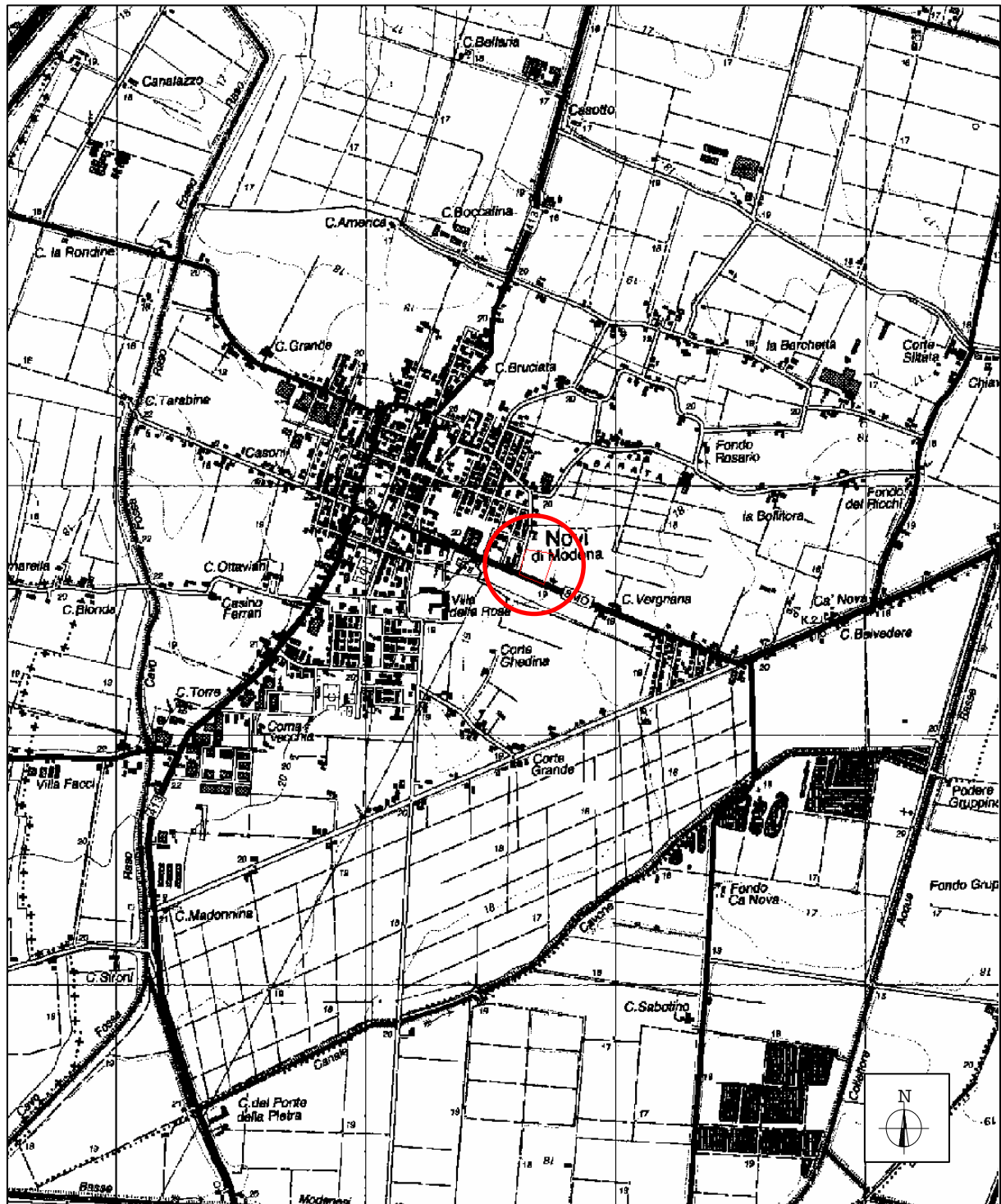


Per la caratterizzazione litologica e geotecnica dell'area in esame sono state eseguite, dalla Ditta *Geotech* di Dott. Geol. L. Malvezzi di Fossoli di Carpi (MO), n° 2 prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità massima di 30 m dal p.d.c..

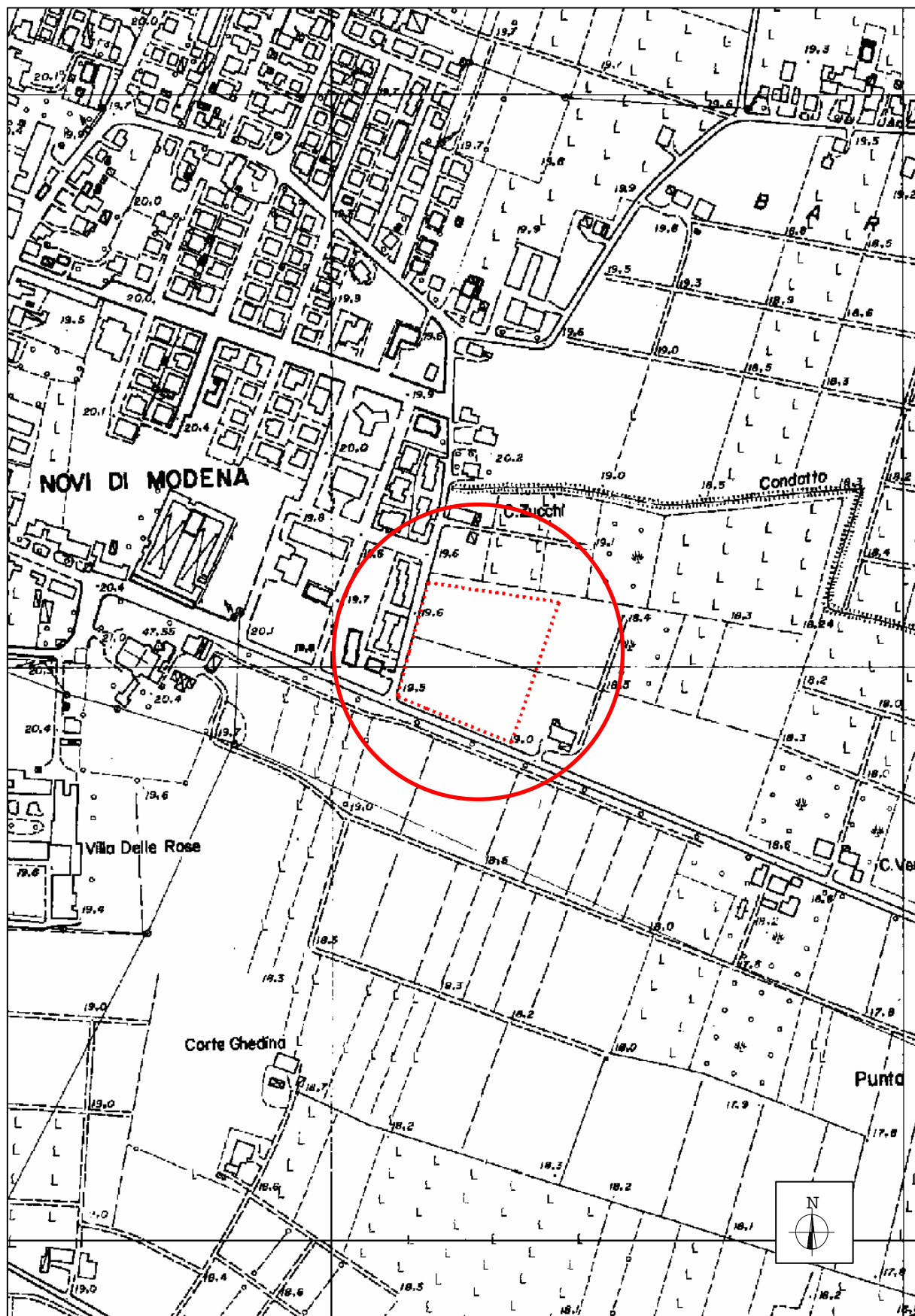
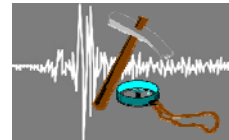
Per la caratterizzazione geofisica dell'area è stata invece eseguita una prospezione sismica di superficie mediante il metodo della sismica a rifrazione, realizzata dalla Ditta *Geo-xpert Italia* di Dott. Geol. G. Masotti di Vignola (MO), e n°2 registrazioni dei microtrempi mediante tromografo digitale realizzate dal Dott. Geol. A. Fiori sulle verticali delle prove penetrometriche realizzate.



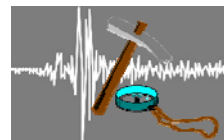
L'area da un punto di vista cartografico è compresa nella tavoletta in scala 1:25.000 n°183SE denominata "NOVI DI MODENA" (Fig. 1), e sull'elemento in scala 1:5.000 n°183111 denominato "NOVI DI MODENA" (Fig. 2) mentre da un punto di vista altimetrico l'area risulta pianeggiante, con quote medie pari a 19 m s.l.m.



*pag. - 3*



*Fig. 2 – Inquadramento geografico – scala 1:5.000*



### 3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area oggetto di studio si colloca nella fascia di bassa pianura modenese e pertanto appartiene geologicamente al bacino subsidente plio-quadernario della Pianura Padana, in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni del fiume Po, che nel neolitico passava per Soliera, e dei corsi d'acqua appenninici, tra i quali principalmente il Fiume Secchia.

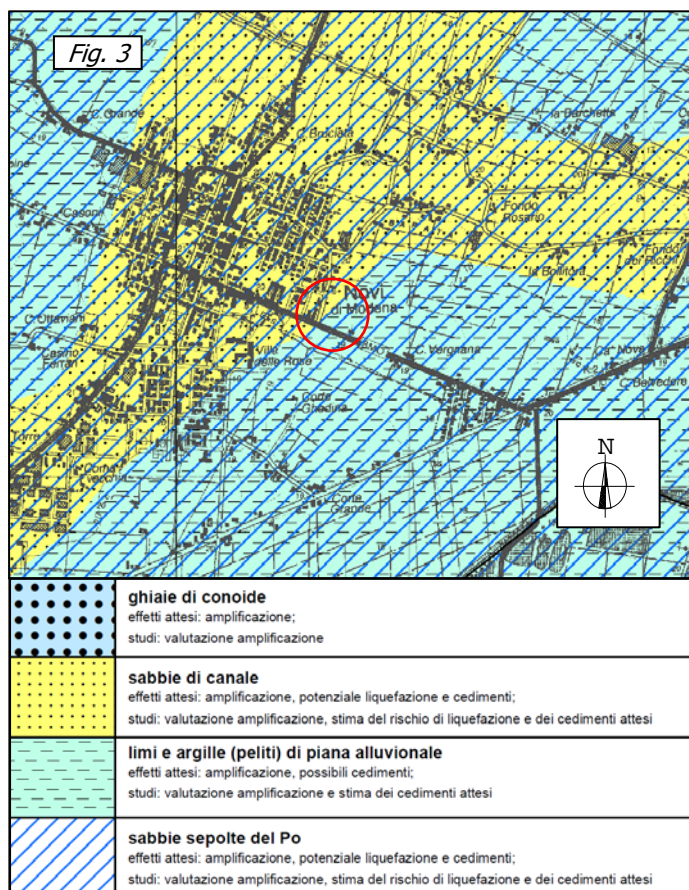
Tali depositi appartengono alle Formazioni del Quaternario continentale e hanno una granulometria variabile a disposizione lenticolare e sono collocati su un substrato marino pre-olocenico che, in corrispondenza dell'abitato di Novi di Modena tende a risalire dalla profondità di circa 600 m a Sud di Correggio sino alla profondità pari a circa 80 m del p.d.c. (vedi figura 4) in relazione alla presenza in profondità della cosiddetta "Dorsale Ferrarese" che attualmente risulta essere attiva.

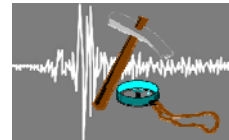
Da un punto di vista geostrutturale il territorio comunale appartiene infatti alla regione delle Pieghe Pedeappenniniche contraddistinte da una successione di sinclinali ed anticlinali caratterizzate da una intensa tettonizzazione con assi e vergenze appenniniche fagliate e sovrascorse sul fianco Nord.

Il Comune di Novi di Modena appartiene ad una fascia di transizione tra i depositi alluvionali del Po e dei suoi affluenti appenninici; pertanto gli orizzonti presenti nel sottosuolo risultano essere caratterizzati dalla presenza di orizzonti sabbiosi anche di notevole spessore soprattutto nella zona settentrionale del territorio comunale dovuti agli apporti sedimentari del fiume Po.

Il centro abitato di Novi in particolare risulta essere posto su un paleoalveo con direttrice SW-NE.

Per quanto riguarda la litologia superficiale della zona in esame prevalgono litotipi argillosi mentre nel settore Nord-Occidentale sono invece presenti superficialmente litotipi fini prevalentemente limo-argillosi come visibile in fig. 3 che riporta un estratto della Tavola 8a.1 del Quadro Conoscitivo Preliminare del PTCP della Provincia di Modena.





#### **4 - IDROGEOLOGIA**

L'area in esame ricade all'interno dell'alta pianura modenese e risulta caratterizzata litologicamente da depositi alluvionali costituiti da sequenze limo-argillose prevalentemente impermeabili con sottili intercalazioni sabbiose, sede di falde idriche.

Procedendo verso le porzioni settentrionali dell'area comunale tali livelli idrogeologici tendono a fondersi con le spesse bancate sabbiose del Po.

Nell'area in esame risulta essere presente una falda freatica superficiale disposta in generale a modeste profondità dal piano campagna. Sulla base di dati bibliografici la fascia di alimentazione di tale falda coincide con il paleoalveo di Novi.

Per quel che concerne la soggiacenza di tale falda, secondo i dati riportati negli elaborati del PRG tale falda risulta essere collocata a profondità del piano di campagna variabile da 2.5 a 3 m.

L'esecuzione delle prove geognostiche ha confermato tali dati rilevando comunque, per la zona in esame, la risalita dell'attuale livello di falda, da mettere in relazione con tutta probabilità alle abbondanti precipitazioni delle ultime settimane, che risulta essere collocata a profondità variabili da 1.45 m a 2.00 m dal p.d.c. attuale.

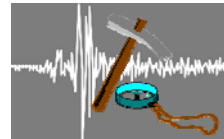
Più in profondità si individuano unità idrogeologiche legate alla presenza di orizzonti sabbiosi e la base di tali acquiferi utilizzabili a scopo idropotabile risulta essere posto a profondità variabili da 50 a 200 m all'interfaccia acque dolci-acque salate.

L'andamento di tale interfaccia tende territorialmente a ricalcare l'assetto strutturale della Dorsale Ferrarese. Infatti il tetto delle acque salate mediamente presente a -50 / -60 m nella fascia di territorio ad est del capoluogo mentre tende rapidamente ad approfondirsi in direzione ovest, scendendo a -100 / -200 m p.c. al confine comunale tra Novi e Rolo.

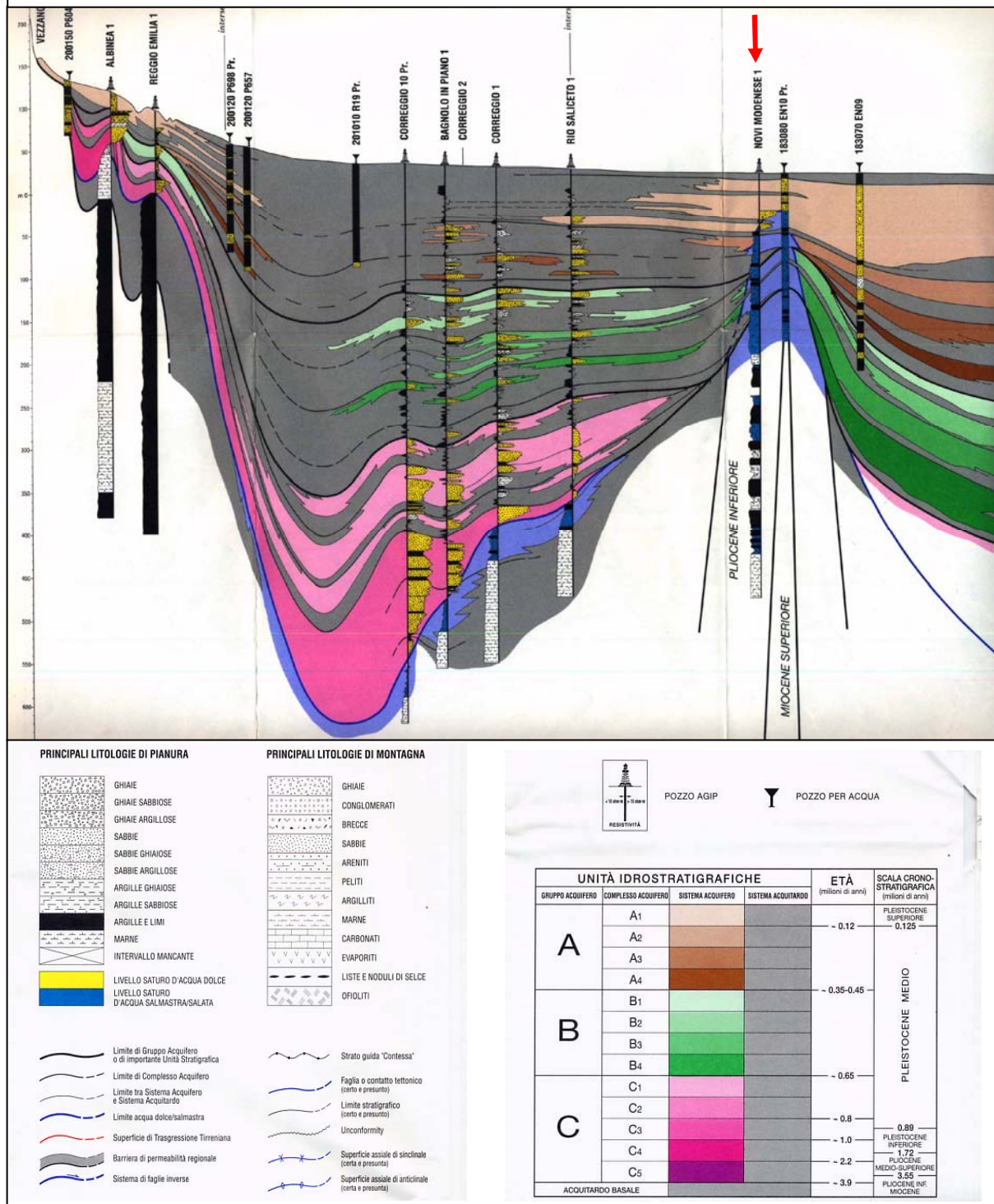
I prolungati pompaggi all'interno di tali orizzonti idrogeologici per scopi idropotabili hanno comunque portato negli anni ad una risalita delle acque salate che in alcune zone, miscelandosi con le acque dolci, hanno portato alla presenza di acque salmastre anche a profondità inferiori a 50 m.

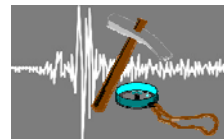
Per quanto concerne i corpi idrici principali presenti nel sottosuolo, nella pianura emiliano-romagnola sono individuati almeno 3 gruppi acquiferi denominati con le lettere A, B e C, (vedi figura 4) ciascuno separato da importanti orizzonti a bassa permeabilità e in ciascuno dei quali è possibile distinguere singoli complessi acquiferi (A1, A2, A3, ecc.) separati da orizzonti acquitardi (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

Dall'analisi della sezione idrogeologica riportata in figura 4 è possibile rilevare come in corrispondenza dell'area in esame il substrato tenda a risalire sino a profondità pari a circa 80 m dal p.d.c. con la presenza pertanto in profondità del solo acquifero A1 alla base del quale sono presenti i livelli di acqua salmastra suddetti e i depositi dell'acquitardo basale che delimita la base del BIPER (Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola) e risulta essere costituito dai depositi del substrato marino.



**Figura 4 – Sezione idrogeologica 3 tratta da "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" (Regione Emilia Romagna, ENI – AGIP, 1998).**





## **5 - IDROGRAFIA SUPERFICIALE**

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del Consorzio di Bonificazione Parmigiana Moglia appartenenti al bacino idrografico del Secchia.

I corsi d'acqua, sia principali che minori, presentano dei percorsi che sono il prodotto di modificazioni, sia artificiali che naturali, avvenute in gran parte negli ultimi secoli. La rete drenante superficiale è rappresentata da corpi idrici naturali e artificiali che complessivamente creano buone condizioni di deflusso delle acque superficiali, mancando tra l'altro, come detto, forme chiuse e depresse a drenaggio difficoltoso.

Il corpo idrico naturale più importante è senz'altro il Fiume Secchia, che scorre a Est, affiancato però da una serie di corsi minori. Questi ultimi sono canali artificiali, come risulta anche dal loro andamento quasi geometrico, e di dimensioni solitamente abbastanza ridotte.

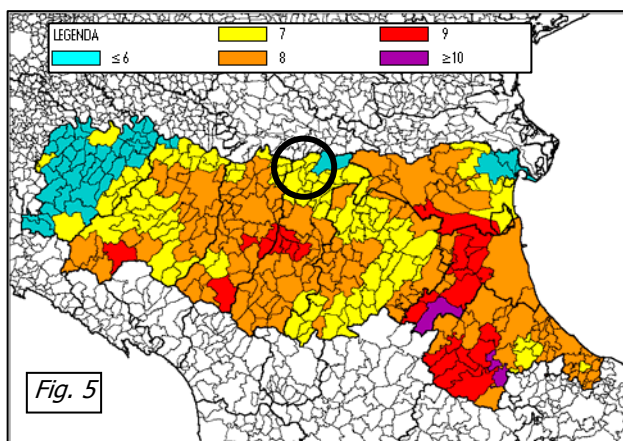
Le quote idrometriche del Fiume Secchia in relazione a quelle altimetriche del territorio renderebbero in prima analisi l'area esondabile (rotta di S.Martino 1960); la probabilità di nuovi eventi alluvionali è però scongiurata sia dalla presenza, più a monte in località Marzaglia, delle Casse d'espansione sul fiume Secchia, sia dai lavori di potenziamento e di innalzamento delle tratte arginate lungo tutto il territorio comunale di Soliera.

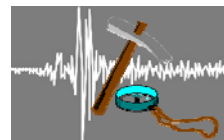
L'area esaminata è caratterizzata da una rete drenante superficiale (rappresentata da piccoli canali di scolo) orientata prevalentemente SSW-NNE, cioè nello stesso senso delle vallate appenniniche, intersecata trasversalmente da una rete di canali e fossi di scolo con direzione WNW-ESE. Tali canali di scolo tendono a far defluire le acque superficiali in collettori principali tra i quali il Condotto Punta che scorre, con direzione WNW-ESE, immediatamente a Nord dell'area in esame.

## **6 - SISMICITA' DEL TERRITORIO**

### **6.1 – CARATTERI GENERALI**

Per quanto concerne gli aspetti sismici in termini macrosismici, il catalogo DOM4.1, database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, è stato utilizzato, su incarico della Protezione Civile, da Molin et al. (1996) in combinazione con i dati di CFTI (Catalogo dei forti terremoti italiani di ING/SGA - Boschi et al., 1995) per la compilazione della "Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", di cui in Fig. 5 viene riportato un estratto con la situazione della regione Emilia-Romagna. Da tale figura si desume che il territorio Comunale di Novi di Modena è caratterizzato da un'intensità macrosismica pari a 7.





Basandosi sul CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI Edizione 2004 denominato CPTI04 e sulla ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (2004), sono stati individuati e riportati nella tabella seguente i risentimenti storici che hanno direttamente interessato la zona sismogenetica n° 912 all'interno della quale ricade il Comune di Novi di Modena.

N	Tr	Anno	Me	Gi	AE	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	Mas	Das	Msp	Dsp	T	Ncft	Nnt	Ncpt
18	DI	725			Classe-Ravenna	2	85	80		44,400	12,220	A	5,57	0,19	5,40	0,28	5,55	0,28	G	77		18
51	DI	1234	3	20	FERRARA	5	70	70		44,836	11,618	A	5,17	0,30	4,80	0,45	4,99	0,42	G		860	51
53	DI	1249	9	0	Modena	4	75	65	M	44,650	10,930	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	115	595	53
66	DI	1285	12	13	FERRARA	2	70	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		861	66
90	DI	1345	1	31	CASTELNUOVO	1	55	55		44,810	10,564	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	A		596	90
93	DI	1346	2	22	Ferrara	14	75	75		44,920	11,020	A	5,81	0,24	5,75	0,35	5,75	0,35	G	149	862	93
131	DI	1410	5	9	FERRARA	3	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		863	131
139	CP	1425	8	10	FERRARA SUD			60		44,833	11,667		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		864	139
171	DI	1474	3	11	MODENA	12	60	60		44,647	10,925	A	4,89	0,17	4,39	0,26	4,61	0,24	G		601	171
178	DI	1483	3	3	FERRARA	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		865	178
179	DI	1483	8	11	Romagna meridionale	14	85	80		44,170	12,230	A	5,67	0,13	5,54	0,20	5,54	0,20	G	197	888	179
207	CP	1508	10	18	FERRARA SUD			60		44,833	11,667		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		866	207
257	DI	1561	11	24	Ferrara	5	65	55	M	44,780	11,450	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	229	867	257
262	DI	1570	11	17	Ferrara	60	80	75		44,820	11,630	A	5,48	0,11	5,27	0,17	5,43	0,16	G	231	868	262
266	DI	1574	3	17	FINALE EMILIA	4	70	70		44,833	11,294	A	5,12	0,22	4,73	0,33	4,92	0,31	G		869	266
282	DI	1591	7	10	FORLI'	6	65	65		44,400	12,038	A	5,24	0,22	4,91	0,32	5,09	0,30	G		832	282
323	DI	1624	3	18	Argenta	17	85	75		44,650	11,850	A	5,43	0,22	5,19	0,32	5,35	0,30	G	243	870	323
362	DI	1660			MODENA	1	55	55		44,647	10,925	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		609	362
374	DI	1671	6	20	RUBIERA	13	70	70		44,709	10,814	A	5,34	0,15	5,06	0,22	5,23	0,20	G		610	374
393	DI	1688	4	11	ROMAGNA	36	90	90		44,390	11,942	A	5,88	0,12	5,85	0,18	5,85	0,18	G	266	834	393
395	CP	1688	8	18	FUSIGNANO			70		44,417	12,000		5,17	0,30	4,80	0,45	4,99	0,42	G		835	395
397	CP	1689	3	15	FUSIGNANO			60		44,417	12,000		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		836	397
416	DI	1695	2	28	FERRARA	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		871	416
521	DI	1743	5	29	FERRARA	1	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		872	521
609	DI	1780	2	6	Bolognese	7	65	55	M	44,620	11,320	A	4,85	0,11	4,32	0,16	4,54	0,15	G	323	766	609
612	DI	1780	5	25	RAVENNA	5	65	65		44,417	12,198	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		890	612
654	DI	1787	7	16	Ferrara	3	65	55	M	44,830	11,620	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	339	873	654
683	DI	1796	10	22	Emilia orientale	26	70	70		44,620	11,670	A	5,63	0,15	5,48	0,23	5,62	0,23	G	352	874	683
703	DI	1806	2	12	NOVELLARA	28	70	70		44,862	10,671	A	5,26	0,16	4,93	0,24	5,11	0,22	A		875	703
717	DI	1810	12	25	NOVELLARA	33	70	70		44,898	10,712	A	5,28	0,10	4,97	0,15	5,15	0,14	A		876	717
791	DI	1831	9	11	Reggiano	24	75	75		44,750	10,550	A	5,48	0,13	5,27	0,19	5,43	0,18	G	378	616	791
803	DI	1834	10	4	Bologna	10	60	55	M	44,600	11,370	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	384	768	803
871	DI	1850	9	18	MODENA	7	60	60		44,614	10,965	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		618	871
1174	CP	1891	8	1	LUGO			60		44,417	11,933		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		853	1174
1225	DI	1895	3	23	COMACCHIO	37	65	60		44,684	11,987	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		877	1225
1233	CP	1895	7	3	COMACCHIO			60		44,700	12,183		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	A		878	1233
1287	DI	1898	1	16	Romagna settent.	73	70	65		44,650	11,770	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	452	879	1287
1482	CP	1908	6	28	FINALE EMILIA SUD			60		44,800	11,300		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		881	1482
1499	DI	1909	1	13	BASSA PADANA	799	65	65		44,579	11,688	A	5,53	0,05	5,33	0,08	5,48	0,07	G		882	1499
1729	DI	1922	5	24	CENTO	6	45	35		44,862	11,517	A	4,50	0,14	3,81	0,21	4,07	0,19	G		883	1729
1808	DI	1928	6	13	CARPI	35	70	65		44,797	10,872	A	4,85	0,09	4,32	0,13	4,54	0,12	G		884	1808
2047	DI	1950	5	6	REGGIANO	4	40	40		44,731	10,670	A	4,46	0,14	3,74	0,21	4,01	0,19	G		635	2047
2220	CP	1965	12	18	RUSSI			55		44,400	12,000		4,95	0,09	4,47	0,13	4,68	0,12	G		857	2220
2230	CP	1967	4	3	CORREGGIO			55		44,800	10,750		4,71	0,08	4,12	0,12	4,36	0,11	G		886	2230
2243	DI	1967	12	30	BASSA PADANA	40	60	60		44,604	11,997	A	5,36	0,08	5,09	0,12	5,26	0,11	G		887	2243
2245	CP	1968	1	11	RUSSI			50		44,400	12,000		4,58	0,20	3,92	0,29	4,17	0,27	G		858	2245
2263	CP	1969	1	10	RUSSI			55		44,383	12,000		4,63	0,09	4,00	0,13	4,25	0,12	G		859	2263
2389	CP	1978	12	5	RAVENNA S.O.					44,383	12,117		4,76	0,13	4,20	0,19	4,43	0,18	G		901	2389
2455	DI	1986	12	6	BONDENO	604	60	60		44,879	11,334	A	4,56	0,09	4,30	0,13	4,53	0,12	G		901	2455
2456	DI	1987	5	2	REGGIANO	803	60	60		44,797	10,697	A	5,05	0,07	4,79	0,08	4,98	0,08	G		902	2460
2509	DI	1996	10	15	CORREGGIO	135	70	70		44,782	10,683	A	5,44	0,18	5,09	0,04	5,26	0,04	G			
2534	CP	2000	6	18	REGGIANO					44,786	10,746		4,46	0,18	4,17	0,18	4,41	0,16	G			

**Legenda:** N = Numero d'ordine del record

Tr = Tipo di record

AE = Denominazione dell'area dei massimi effetti  
intensità disponibili

Np = Numero dei dati puntuali di

Imx = Intensità massima x 10 (scala MCS)

Io = Intensità epicentrale x 10 (scala MCS)

TI = Codice di determinazione di Io

Anno;Me;Gi = Tempo di origine

Lat/Lon = Coordinate epicentrali in gradi sessagesimali-decimali

TL = Codice di localizzazione

Maw = Magnitudo momento

Daw = Errore associato alla stima di Maw

Mas = Magnitudo calcolata sulle onde di superficie

Das = Errore associato alla stima di Mas

Msp = Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di Sabetta e Pugliese (1996)

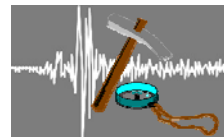
Dsp = Errore associato alla stima di Msp

TZ = Codice di assegnazione alla zona sorgente

Ncft = Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2

Nnt = Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1

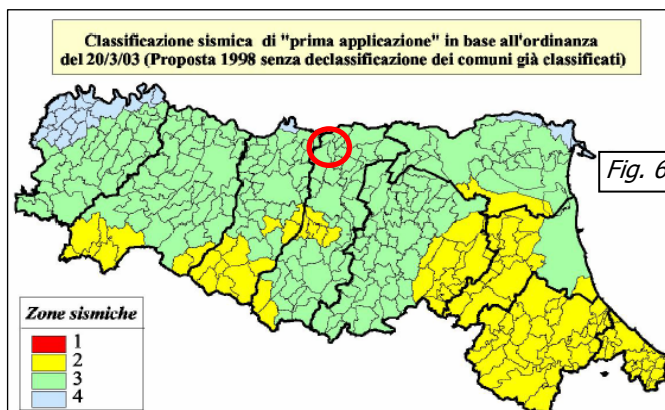
Ncpt = Numero d'ordine dei record nel catalogo CPTI99



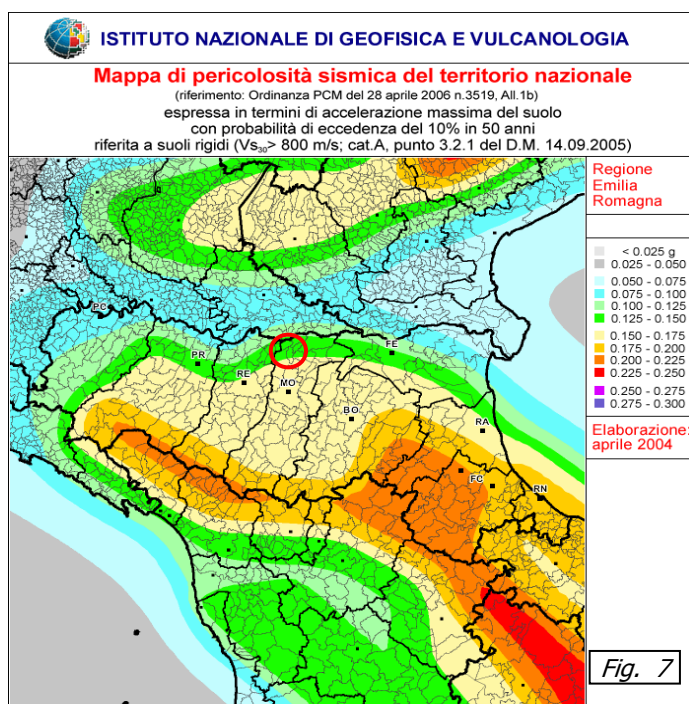
Nell'alta pianura modenese, come si può vedere nel tabulato, si sono verificati sismi anche di considerevole intensità (IX° della scala Mercalli – Cancani - Sieberg) collegati alla attività tettonica delle strutture del margine appenninico e delle faglie dell'alta pianura.

In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20

marzo 2003, n. 3274 pubblicata sul Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n° 105 del



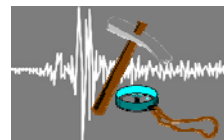
08/05/2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica), il Comune di Novi di Modena viene classificato appartenente alla zona sismica 3 (vedi figura 6).



L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006, n. 3519 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 108 del 11/05/2006 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone), individua i criteri generali per l'individuazione delle

zone sismiche e la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, di cui si riporta in figura 7 un estratto relativo alla Regione Emilia Romagna, che mette in evidenza come per il comune di Novi di Modena sia prevista una accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi, compresa tra 0.125-0.150 g.

La Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna progr. N°112 del 2 maggio 2007 oggetto n°2131 - Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (Proposta della Giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n. 1) - fornisce inoltre i criteri per la valutazione della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio e stabilisce che gli indirizzi approvati dovranno altresì essere osservati dalle Amministrazioni provinciali e comunali nell'elaborazione della propria strumentazione territoriale ed urbanistica. In tale

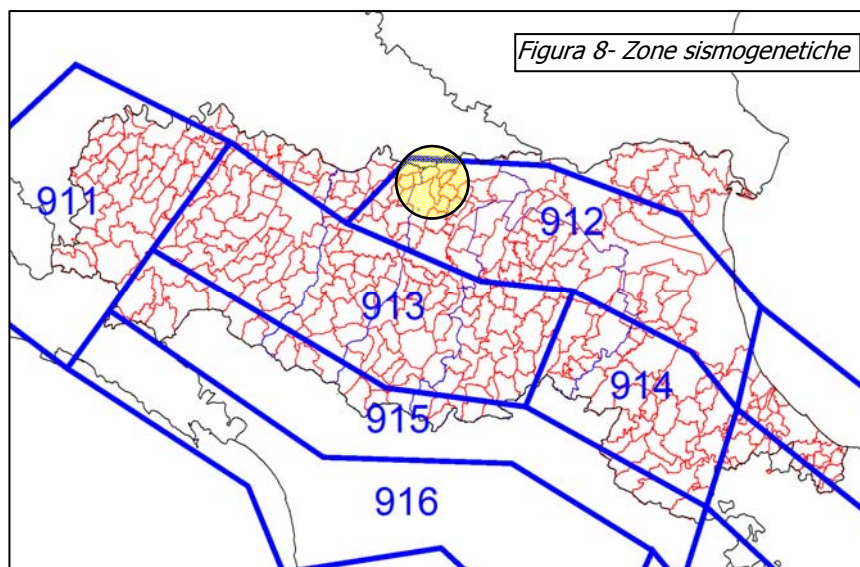


documento sono inoltre individuati per ogni comune della regione, sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006, n. 3519, i valori di accelerazione di riferimento, che per il Comune di Novi di Modena risulta pari a 0.139 g.

Attualmente dal 30 giugno 2009 sono entrate in vigore le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Per le analisi di fattibilità da un punto di vista sismico si è fatto riferimento alla Delibera dell'Assemblea legislativa della R.E.R. progr. N°112 del 2 maggio 2007.

## 6.2 – MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

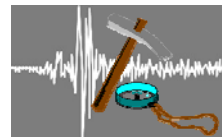
L'area in esame appartiene alla Zona Sismogenetica n°912 denominata "Dorsale Ferrarese" che rappresenta la zona più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale (fig. 8).



Tale zona, come dalle rilevazioni dell'INGV (marzo 2004), è caratterizzata da una magnitudo massima registrata di 4.6 Md, con una profondità efficace di 7 km, come riportato nella tabella seguente che evidenzia come sia elevato il numero di eventi con basse magnitudo che contribuiscono alla dissipazione delle energie tettoniche che si accumulano nelle strutture compressive della dorsale.

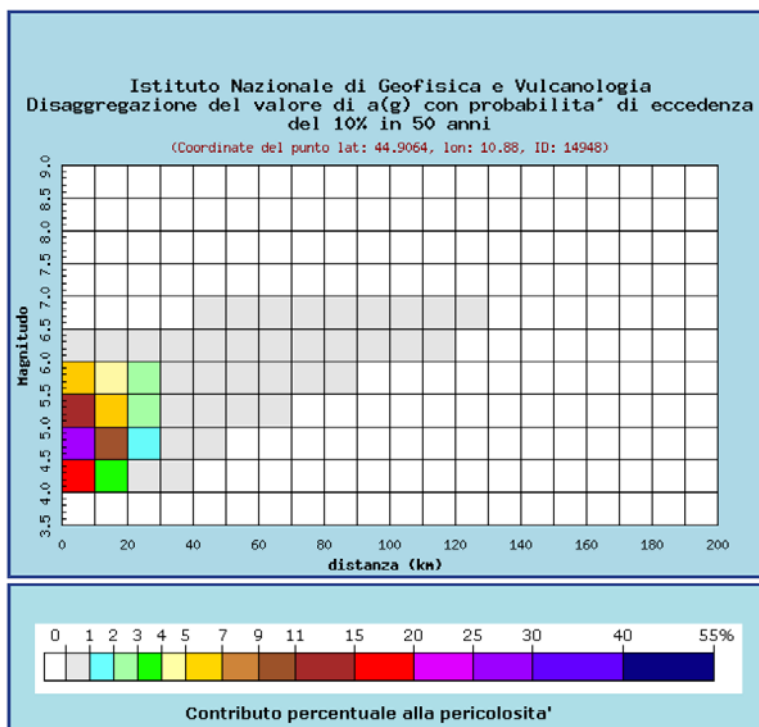
Zona	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2	Magnitudo massima Md	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
912	180	141	54	4.6	5-8	7

Tabella 1. Dettagli eventi nella zona sismogenetica 912



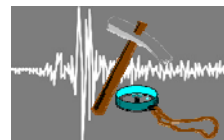
Il Catalogo parametrico dei terremoti italiani Edizione 2004 denominato CPTI04 riportato nel paragrafo precedente registra valori massimi di magnitudo momento per la zona sismogenetica n° 912 pari a 5.88.

I dati direttamente desunti per l'area in esame dalle tabelle di disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni redatte dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) sono riportati nella tabella a lato e in quella seguente:



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.9064, lon: 10.88, ID: 14948)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	17.600	28.300	13.200	5.360	0.572	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.850	9.110	6.970	4.320	0.584	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.456	1.870	2.290	2.030	0.331	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.002	0.206	0.691	0.766	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.003	0.183	0.397	0.123	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.024	0.193	0.136	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058	0.089	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.053	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.022	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tali elaborazioni forniscono un quadro della pericolosità sismica dell'area che evidenzia come la probabilità di accadimento di terremoti di magnitudo superiori a 5 sia bassa, mentre la probabilità massima si registra con eventi di magnitudo compresi tra 4.5 e 5 con valori medi pari a 4.93 per una distanza epicentrale pari a 9.78 km come riportato nella tabella seguente.



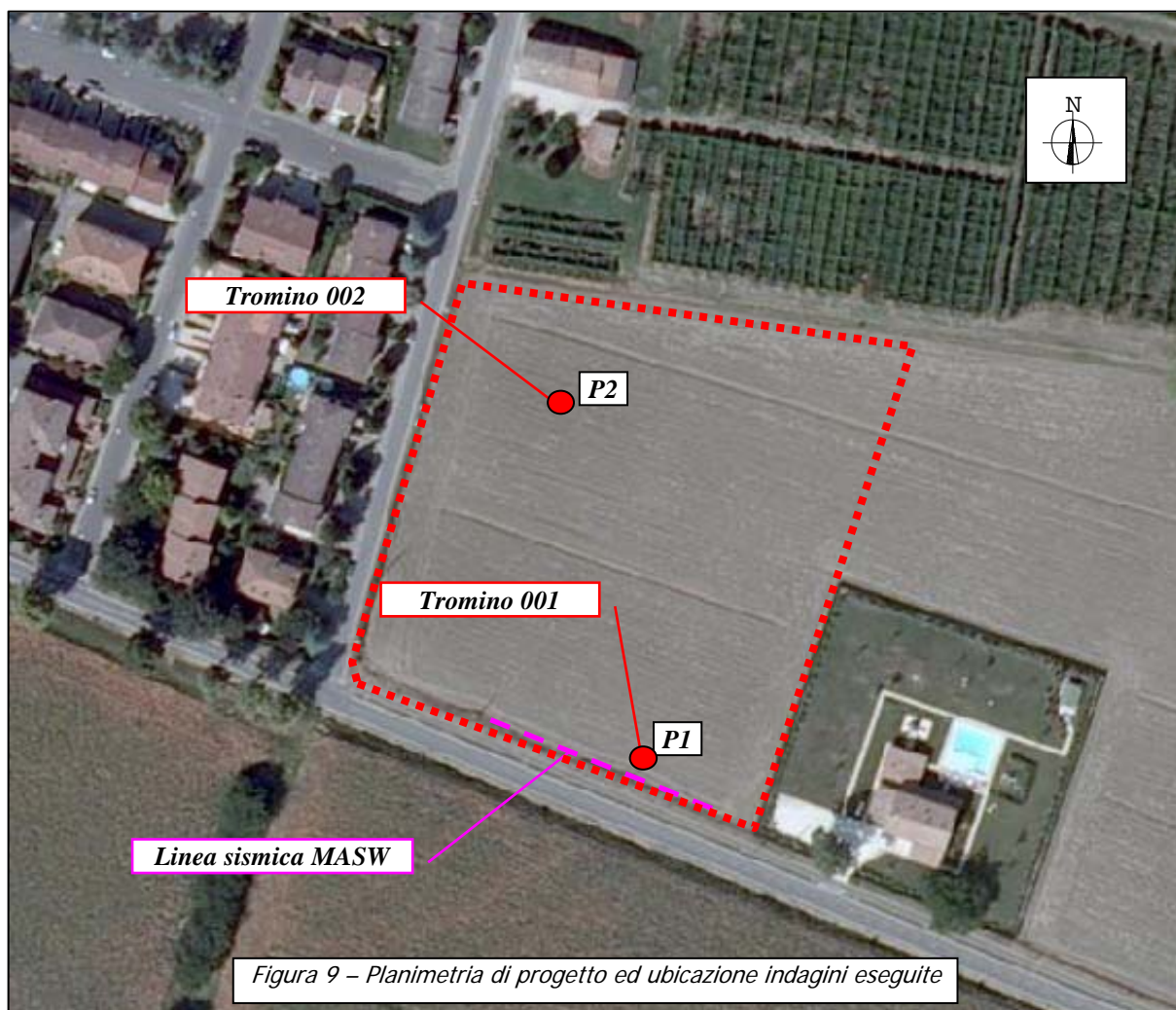
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.930	9.780	0.436

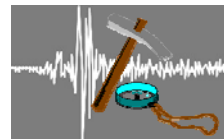
Per le verifiche alla liquefazione si è fatto cautelativamente riferimento a un evento di magnitudo pari a 5.5, valore quest'ultimo sicuramente superiore all'evento più probabile e di poco inferiore al massimo evento registrato nella zona sismogenetica.

## **7 – INDAGINI GEOGNOSTICHE**

### **7.1 – GENERALITA'**

Sul lotto in esame sono state eseguite specifiche indagini geognostiche volte alla caratterizzazione geotecnica e sismica dell'area, ricomprendendo prove penetrometriche statiche e geofisiche (Sismica attiva e passiva), ubicate come da fig. 9.





## 7.2 – INDAGINI PENETROMETRICHE

La caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni di sottofondazione è stata eseguita mediante l'esecuzione di due prove penetrometriche statiche, ubicate come da Fig. 9 e spinte sino alla profondità massima di 30 m dal p.d.c. attuale (Prova P2).

Le caratteristiche litologiche dei terreni presenti sono state evidenziate mediante la teoria di Schmertmann (1978), che lega il rapporto tra la resistenza alla punta ( $R_p$ ) e quella laterale ( $R_l$ ) con la litologia dei terreni attraversati.

Da un punto di vista geotecnico le prove realizzate (fig. 10) hanno evidenziato la presenza, nei primi 5 metri di profondità, di terreni caratterizzati da buone caratteristiche di capacità portante e valori di resistenza alla punta ( $R_p$ ) mediamente pari a 10  $\text{Kg/cm}^2$ , eccezion fatta per un livello incontrato dalla prova P1 tra 2 e 3 m caratterizzato da resistenza più elevate con valori medi di  $R_p$  superiori a 25  $\text{Kg/cm}^2$ .

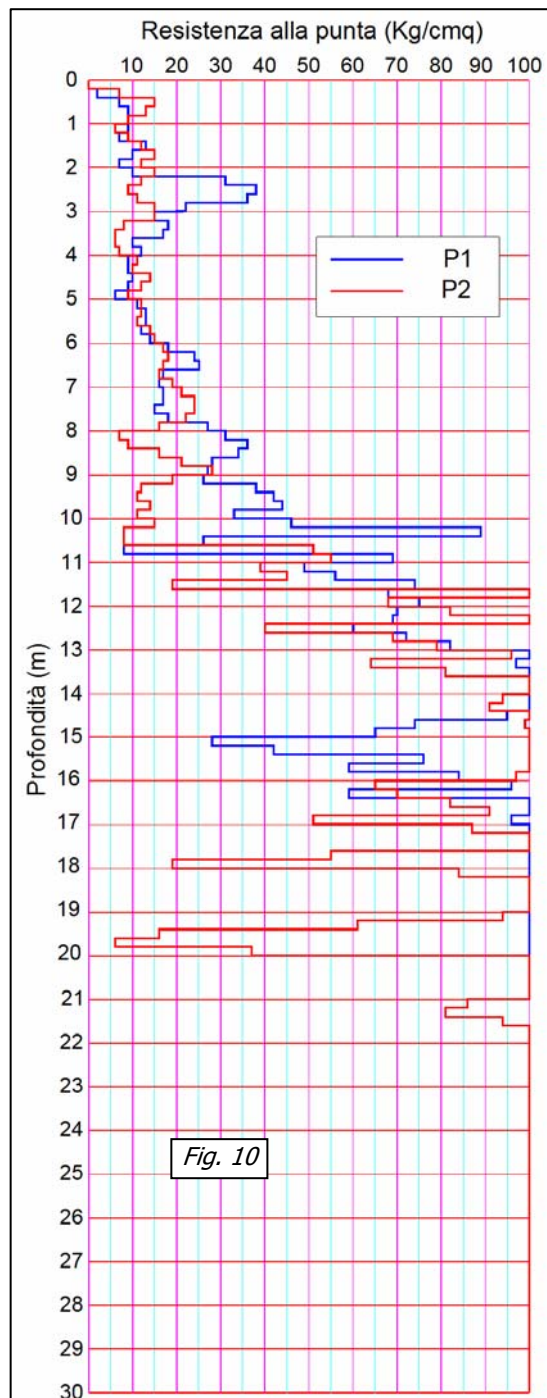
Tra le profondità di 5 e 10 m circa le resistenze tendono gradualmente ad aumentare con la profondità con valori medi di  $R_p$  superiori a 15  $\text{Kg/cm}^2$  e molto variabili in relazione alla presenza di intercalazioni più grossolane limo-sabbiose.

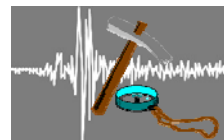
A partire dalla profondità di 9.2 m per la prova P1 e 10.6 m per la prova P2 le resistenze tendono ad aumentare sensibilmente con valori che risultano essere mediamente superiori 50  $\text{Kg/cm}^2$  sino alla profondità di circa 13 m.

Procedendo fino alla massima profondità indagata le resistenze tendono ancora ad aumentare con valori medi ampiamente superiori a 100  $\text{Kg/cm}^2$ .

Da un punto di vista litostratigrafico l'analisi dei risultati ha rilevato la presenza in profondità di terreni prevalentemente fini (limi e argille) intercalati da livelli limo-sabbiosi e sabbiosi concentrati soprattutto nei primi 9 - 10 metri di profondità.

Partendo dalla superficie, tutte le prove hanno rilevato uno spessore di circa 80 cm di terreno lavorato seguito da circa 1,5 m di terreni prevalentemente argillosi.

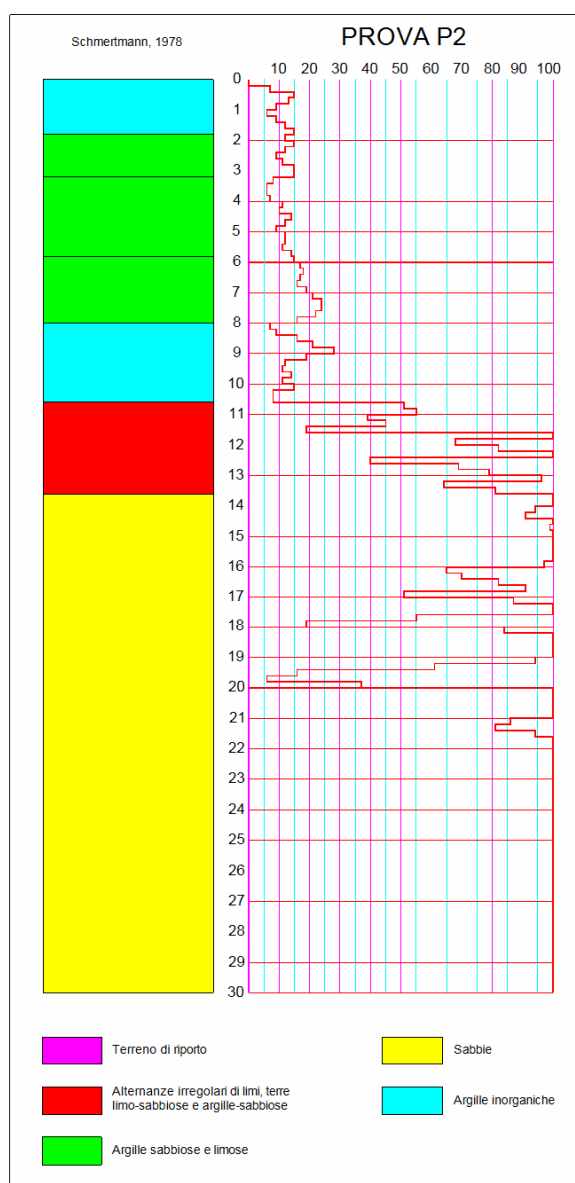
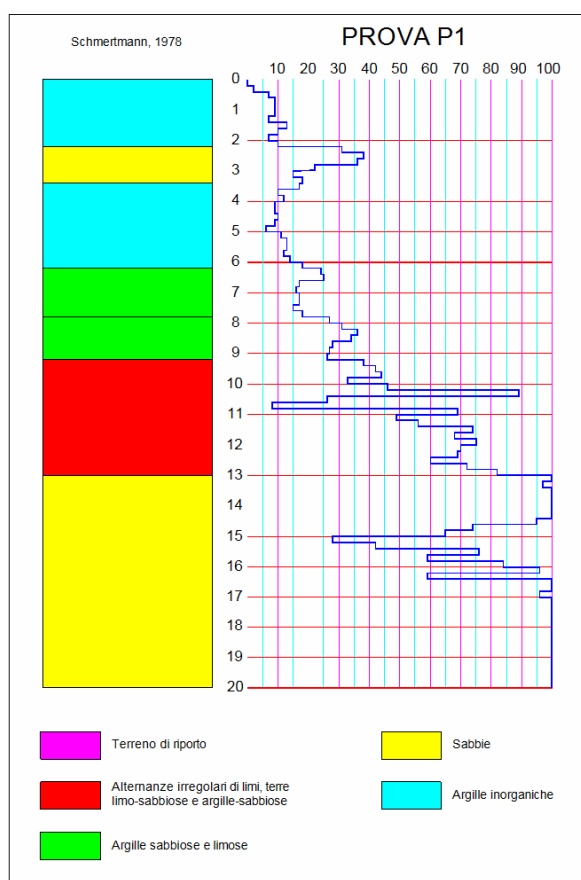




Come precedentemente affermato, procedendo in profondità sino a circa 9.2 m per la prova P1 e 10.6 m per la prova P2, le prove hanno rilevato la presenza di terreni argillosi intercalati da livelli costituiti da depositi argilloso-sabbiosi mentre soltanto prova P1 ha inoltre incontrato un livello prevalentemente sabbioso di spessore pari a 1.2 metri a partire dalla profondità di 2.2 m.

Procedendo con la profondità entrambe le prove realizzate hanno poi rilevato la presenza di terreni costituiti da alternanze irregolari di limi, terre limo-sabbiose e argille sabbiose sino alla profondità mediamente pari a 13 m.

Procedendo sino alla massima profondità indagata entrambe le prove hanno poi rilevato la presenza di terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi appartenenti alle "sabbie del Po".



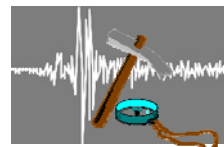
Successivamente si è suddiviso il terreno in strati geotecnicamente e litologicamente omogenei, stimando, per ognuno di essi, il valore mediato dei principali parametri geotecnici che sono tabellati di seguito (vedi anche allegato 2).

**PROVA P1**

Strato n°	Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma medio (t/m <sup>3</sup> )	Cu media (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ' media gradi	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )	Comportamento geotecnico	litologia
Strato 1	2.20	7.77	0.40	1.81	0.38	/	46.62	coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
Strato 2	3.40	27.12	0.30	1.90	/	34.94	54.24	incoerente	Sabbie
Strato 3	6.20	12.37	0.55	1.88	0.59	/	61.85	coesivo	Argilla inorganica compatta
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.95	0.88	/	73.64	coesivo	Argille sabbiose e limose
Strato 5	9.20	21.10	0.63	1.97	1.01	/	63.30	coesivo	Argille sabbiose e limose
Strato 6	13.00	57.91	1.27	1.80	/	34.59	98.45	incoerente	Alternanze irregolari di limi, terre limo-sabbiose e argille sabbiose
Strato 7	20.00	123.72	2.85	1.80	/	36.87	185.58	incoerente	Sabbie

**PROVA P2**

Strato n°	Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fs media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma medio (t/m <sup>3</sup> )	Cu media (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ' media gradi	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )	Comportamento geotecnico	litologia
Strato 1	1.80	9.76	0.59	1.85	0.48	/	58.56	coesivo	Argilla inorganica compatta
Strato 2	3.20	13.13	0.41	1.90	0.64	30.77	65.65	coesivo - incoerente	Argille sabbiose e limose
Strato 3	5.80	10.84	0.37	1.86	0.51	/	54.20	coesivo	Argille sabbiose e limose
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.97	0.96	/	60.06	coesivo	Argille sabbiose e limose
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.91	0.71	/	60.52	coesivo	Argilla inorganica compatta
Strato 6	13.60	70.14	1.54	1.80	/	35.11	119.24	incoerente	Alternanze irregolari di limi, terre limo-sabbiose e argille sabbiose
Strato 7	30.00	151.75	3.34	1.80	/	36.76	227.62	incoerente	Sabbie



## **8 - INDAGINI GEOFISICHE**

Per la caratterizzazione geofisica dell'area in esame sono state invece eseguite:

- n°1 prospezioni sismiche di superficie mediante il metodo della sismica a rifrazione, i cui risultati sono riportati in Allegato 3;
- n°2 registrazione dei microtremori mediante tromografo digitale realizzate sulle verticali delle due prove penetrometriche i cui risultati vengono riportati nel presente capitolo.

### **8.1 INTRODUZIONE E BASI TEORICHE SISMICA PASSIVA**

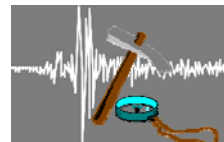
Al fine di determinare le caratteristiche geofisiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, oltre alla prospezioni sismiche utilizzando il metodo della sismica a rifrazione, sono state condotte due registrazioni dei microtremori mediante il tromografo digitale (TROMINO) che è uno strumento in grado di acquisire il rumore sismico.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Il rumore, convenzionalmente suddiviso in microsisma (frequenze < 1Hz, sorgenti naturali lontane) e microtremore (frequenze > 1Hz, sorgenti antropiche locali) è costituito sia da onde di volume (onde P e onde S) sia da onde superficiali in proporzione variabile. Il microsisma è prevalentemente costituito da onde di Rayleigh mentre il microtremore oltre alle onde di volume contiene sia onde di Love sia onde di Rayleigh.

I metodi che si basano sull'acquisizione del rumore sismico si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente "s" al sito "x" le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamento per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di "ray tracing", è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale e conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). In breve la metodologia dei rapporti spettrali H/V permette di valutare la variazione di ellitticità dell'onda di Rayleigh in funzione della frequenza, permettendo così di ricavare la frequenza fondamentale di un sito. Tale parametro risulta essere legato alla presenza di una superficie di discontinuità con un determinato contrasto di impedenza sismica.



Il valore del picco rilevabile dalla curva H/V risulta essere inversamente proporzionale alla profondità dell'interfaccia e direttamente proporzionale alla velocità di propagazione delle onde S dei materiali sovrastanti l'interfaccia mediante la relazione:

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

Questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati.

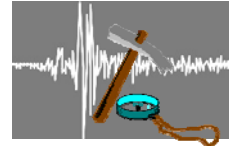
Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

## 8.2 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate, come precedentemente affermato, tramite tromografo digitale Tromino della Micromed S.p.A., il quale permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo sia il pre-processing dei dati. È costituito da tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali (N-S, E-W e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione.

Considerando il suolo come un corpo visco-elastico risulta possibile effettuare la misurazione delle frequenze proprie di oscillazione, riconosciute come funzioni delle proprietà meccaniche dei materiali e della morfologia attorno al sito in esame. Le principali note tecniche di questo tromografo digitale presentate dalla ditta costruttrice sono di seguito esposte:

<b>Alimentazione:</b> 2 batterie alcaline x 1.5 VDC AA
<b>Voltaggio interno:</b> +3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
<b>Consumi:</b> 75 mW (GPS disattivato), 450 mW (GPS attivo)
<b>Durata delle batterie:</b> 80 h di misura continua con GPS disattivato
<b>Numero di canali:</b> 3+1 analogici
<b>Amplificatori:</b> tutti canali con input differenziali
<b>Rumore:</b> < 0.5 $\mu$ V r.m.s. @ 128 Hz sampling
<b>Impedenza dell'input:</b> 10 <sup>6</sup> Ohm
<b>Range di frequenze:</b> DC - 360 Hz
<b>Frequenza di campionamento:</b> 16384 Hz per canale
<b>Frequenze di sovracampionamento:</b> 32x, 64x, 128x
<b>Conversione A/D:</b> equivalente a 24 bit
<b>Massimo input analogico:</b> 51.2 mV (781 nV/digit)
<b>Display grafico:</b> 128 x 64 pixel, retroilluminato
<b>Tastiera:</b> 4 tasti a membrana
<b>Orologio:</b> interno, permanente con datario e allarme, può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
<b>Livella:</b> a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
<b>Conessioni:</b> porta USB, tipo B
<b>Registrazione dati:</b> memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
<b>Dimensione e peso:</b> 10 x 14 x 7.7 (altezza) cm, peso 1.1 kg, contenitore di alluminio
<b>Accoppiamento col terreno:</b> su punte e cuscinetto reologico
<b>Condizioni operative:</b> temperatura - 10 / +70°C, umidità 0-90% senza condensa
<b>Impermeabilità</b> indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)
<b>Sensori:</b> 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione



I risultati di ciascuna analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti col software Grilla in dotazione a TROMINO. In sintesi, il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo  $t$  (20 min), e digitalizzato a 24 bit.

Il software Grilla, per ciascuna delle 3 componenti del moto:

1. divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza  $L$  (in questo lavoro generalmente 30 s),
2. elimina il trend da ciascuna finestra,
3. ne fa il "taper" con una finestra Bartlett,
4. fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero,
5. calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra,
6. calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra,

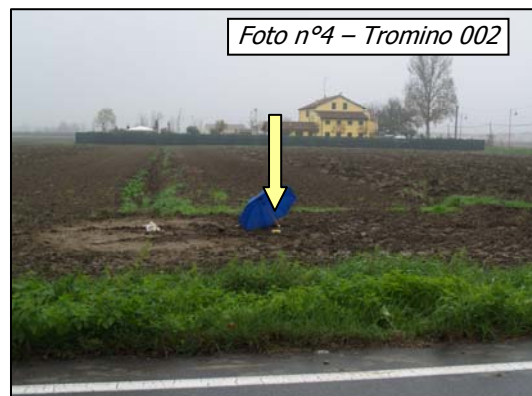
7. liscia lo spettro di ogni finestra secondo la funzione di lisciamento  $f$ , e calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

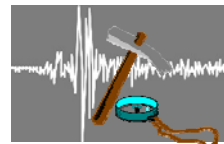
La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra. Per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale.

Tutti i grafici presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con lisciamento secondo finestre triangolari con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

### **8.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI**

Le elaborazioni eseguite nel lotto in esame, riportate di seguito e denominate Tromino 001 e Tromino 002 (foto n°3 e n°4), sono state eseguite rispettivamente sulle verticali delle prove penetrometriche P1 e P2 le quali, come descritto nei paragrafi precedenti, hanno evidenziato la presenza in profondità di vari livelli con caratteristiche geotecniche variabili rilevando in particolare la presenza di un livello di terreno di copertura seguito, a partire da circa 1 metro di profondità da un livello argilloso-sabbioso caratterizzato da elevati valori di resistenza più elevate seguito a sua volta, a partire dalla profondità di circa 10 m da terreni più grossolani costituiti nei primi 3 m da alternanze di depositi limo-sabbiosi e argilloso-sabbiosi e successivamente dai depositi sabbiosi del Po.





Come riportato nei paragrafi precedenti tali depositi sabbiosi risultano essere continui, o comunque intercalati da orizzonti limo-argillosi, sino alla profondità di circa 80 m, profondità alla quale sono presenti i terreni appartenenti al substrato marino.

Sono pertanto presenti 3 contrasti di rigidità che possono essere rilevabili mediante la tecnica HVSR: il primo presente a circa 1 m dal p.d.c. tra i depositi superficiali agrari e i terreni argilloso-sabbiosi; il secondo presente a circa 10 metri di profondità tra i depositi argilloso-sabbiosi e i depositi appartenenti alle sabbie del Po; il terzo alla profondità di circa 80 m tra i depositi alluvionali e il substrato marino.

L'elaborazione denominata Tromino 001, della quale in figura 12 viene riportato l'andamento del rapporto H/V su tutto l'intervallo di frequenze analizzate (0-64 Hz), ha permesso di individuare la presenza di due picchi principali di risonanza di cui uno più elevato ( $H/V > 3$ ), a 0.94 Hz, che viene associato al contrasto di impedenza sismica rilevato alla profondità di circa 83 m tra i depositi alluvionali ed il substrato marino, e uno meno elevato ( $H/V = 2$ ) presente a circa 25 Hz che viene invece associato al contrasto di impedenza tra i depositi agrari superficiali e il terreno in posto argilloso-sabbioso individuabile dalla prova penetrometrica P1.

Sulla base di tale dato si è quindi proceduto alla ricostruzione della curva sintetica (fig. 14) a partire da quella sperimentale, fittando alla frequenza di 25 Hz il contrasto e collocandolo alla profondità di 0.8 m in modo tale da ottenere la ricostruzione dell'andamento delle velocità delle onde di taglio riportate in fig. 15.

Si sottolinea inoltre che alla frequenza di circa 5 Hz l'elaborazione ha rilevato un leggero rialzo della curva che è stato associato al contrasto di impedenza rilevabile alla profondità di circa 9.2 m, profondità a partire dalla quale le resistenze tendono ad aumentare in corrispondenza della variazione granulometrica dei depositi presenti con il graduale passaggio alle sabbie del Po.

La Vs30 calcolata è risultata pari a 225 m/s e pertanto comparabile con i valori registrati sull'area oggetto del presente studio, dalle indagini realizzate con la sismica a rifrazione.

### **TROMINO 001, NOVI DI MODENA, VIA DEL GESU' – PROVA P1**

Start recording: 15/11/10 11:15:57  
End recording: 15/11/10 11:35:58  
Channel labels: NORTH SOUTH;  
EAST WEST; UP DOWN  
COORDINATE GAUSS-BOAGA:  
1650633, 4972454  
Trace length: 0h20'00".  
Analyzed 82% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

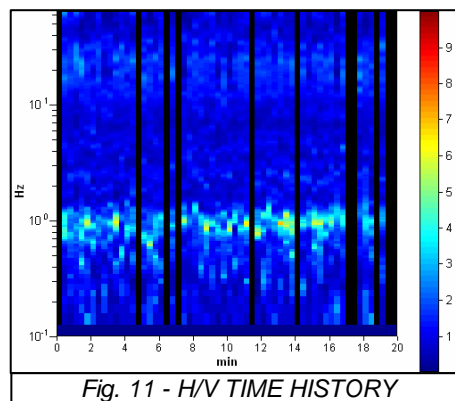
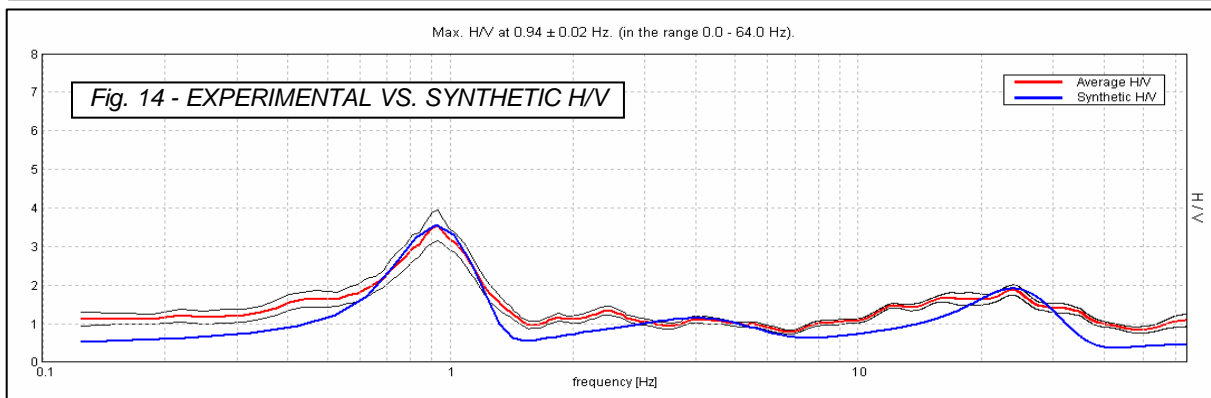
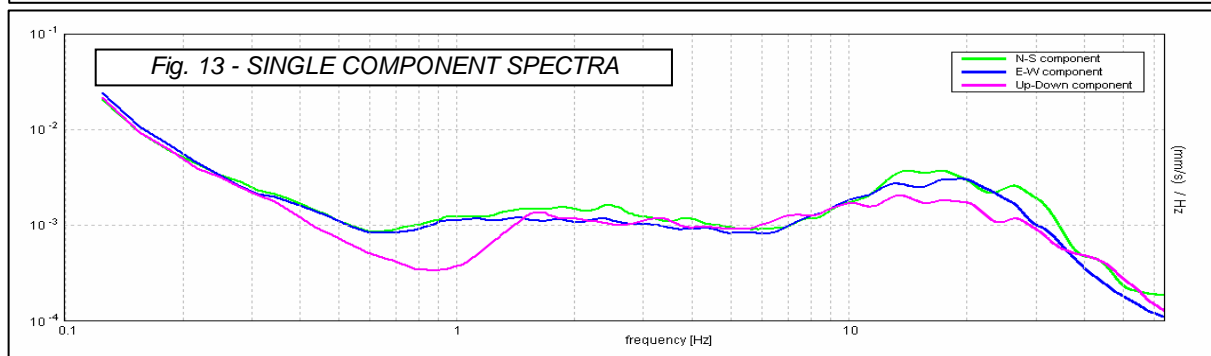
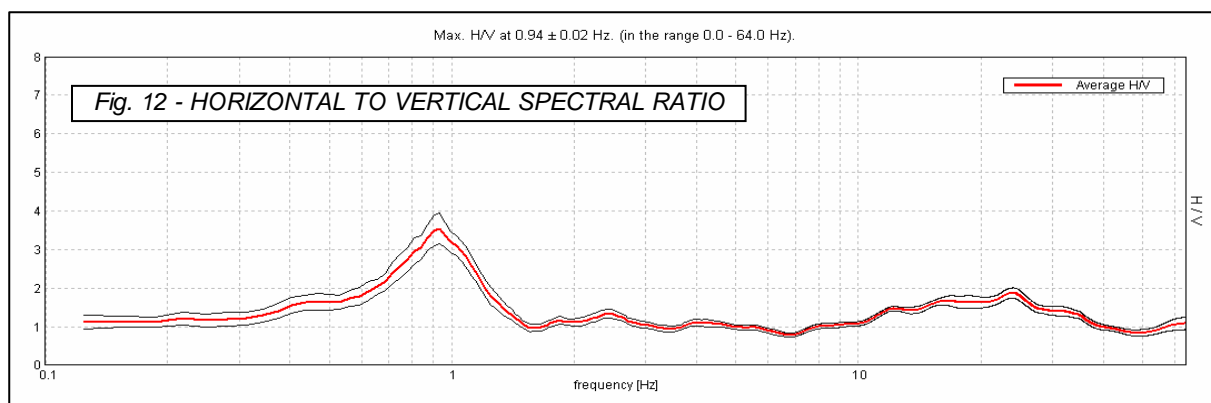
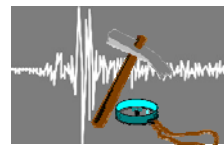


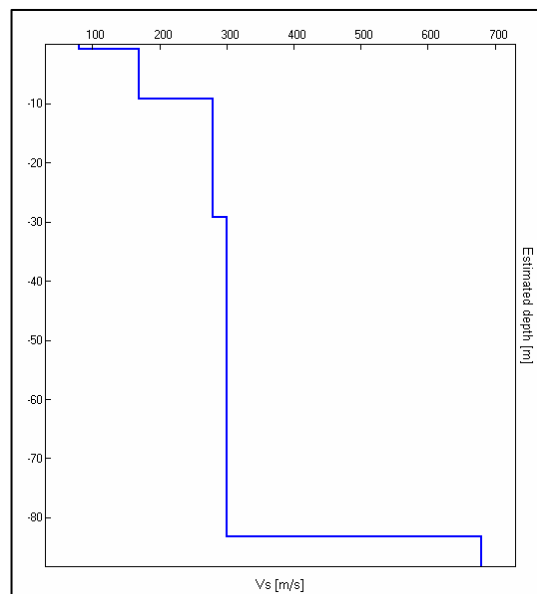
Fig. 11 - H/V TIME HISTORY

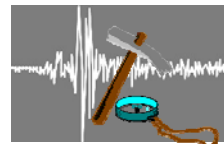


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.80	0.80	80
9.20	8.40	170
29.20	20.00	280
83.20	54.00	300
inf.	inf.	680

**Vs(0.0-30.0)=225m/s**

**Fig. 15 – ANDAMENTO DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO IN PROFONDITÀ**





L'elaborazione denominata Tromino 002, della quale in figura 17 viene riportato l'andamento del rapporto H/V su tutto l'intervallo di frequenze analizzate (0-64 Hz), ha permesso di individuare la presenza di due picchi principali di risonanza di cui uno più elevato ( $H/V=3$ ), a 0.91 Hz, che viene associato al contrasto di impedenza sismica rilevato alla profondità di circa 86 m tra i depositi alluvionali ed il substrato marino, e uno meno elevato ( $H/V=2$ ) presente a circa 17 Hz che viene invece associato al contrasto di impedenza tra i depositi agrari superficiali e il terreno in posto argilloso-sabbioso individuabile dalla prova penetrometrica P1.

Sulla base di tale dato si è quindi proceduto alla ricostruzione della curva sintetica (fig. 19) a partire da quella sperimentale, fittando alla frequenza di 17 Hz il contrasto e collocandolo alla profondità di 1.5 m in modo tale da ottenere la ricostruzione dell'andamento delle velocità delle onde di taglio riportate in fig. 20.

Si sottolinea inoltre che alla frequenza di circa 3 Hz l'elaborazione ha rilevato un leggero rialzo della curva che è stato associato al contrasto di impedenza rilevabile alla profondità di circa 9.2 m, profondità a partire dalla quale le resistenze tendono ad aumentare in corrispondenza della variazione granulometrica dei depositi presenti con il graduale passaggio alle sabbie del Po.

La Vs30 calcolata è risultata pari a 238 m/s e pertanto anch'essa comparabile con i valori registrati sull'area oggetto del presente studio, dalle indagini realizzate con la sismica a rifrazione.

#### TROMINO 002, NOVI DI MODENA, VIA DEL GESU' – PROVA P2

Start recording: 15/11/10 12:52:54  
End recording: 15/11/10 13:12:55  
Channel labels: NORTH SOUTH;  
EAST WEST; UP DOWN  
COORDINATE GAUSS-BOAGA:  
1650611, 4972547  
Trace length: 0h20'00".  
Analyzed 88% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

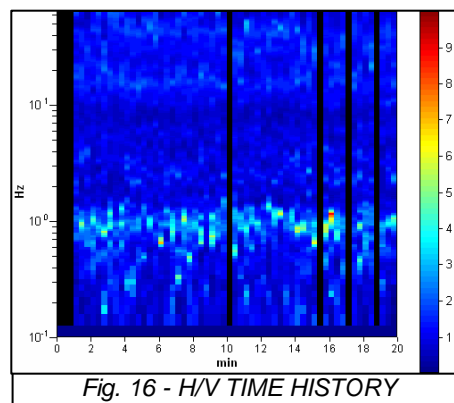
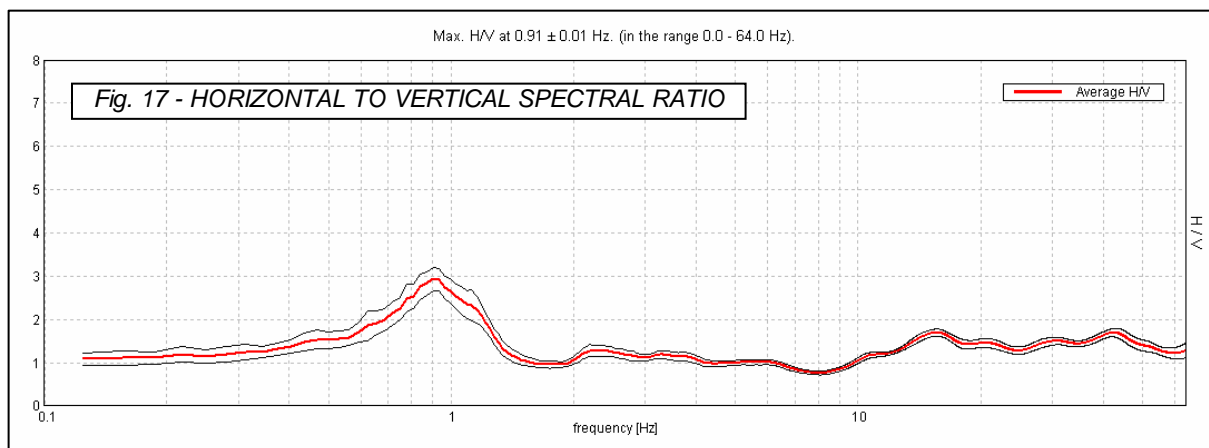
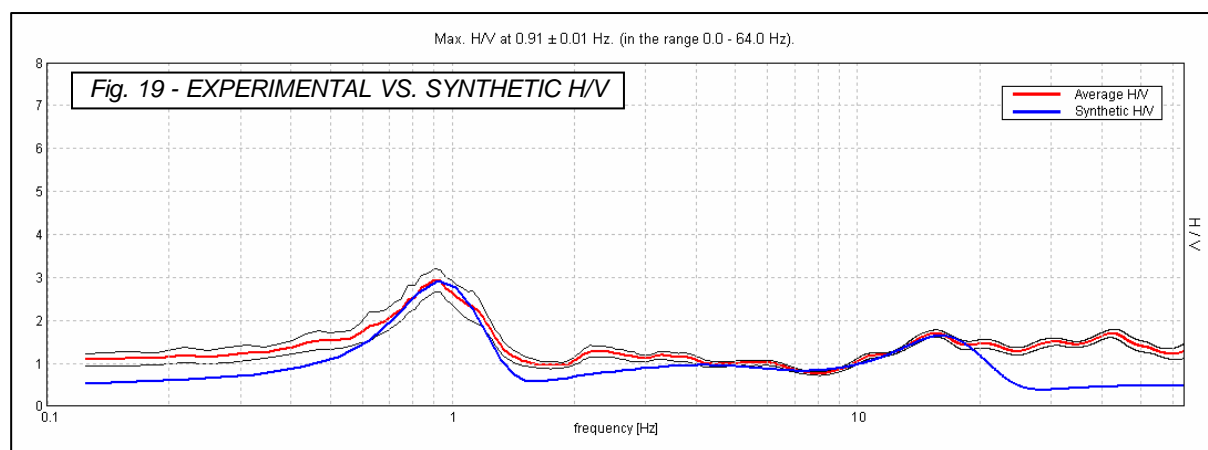
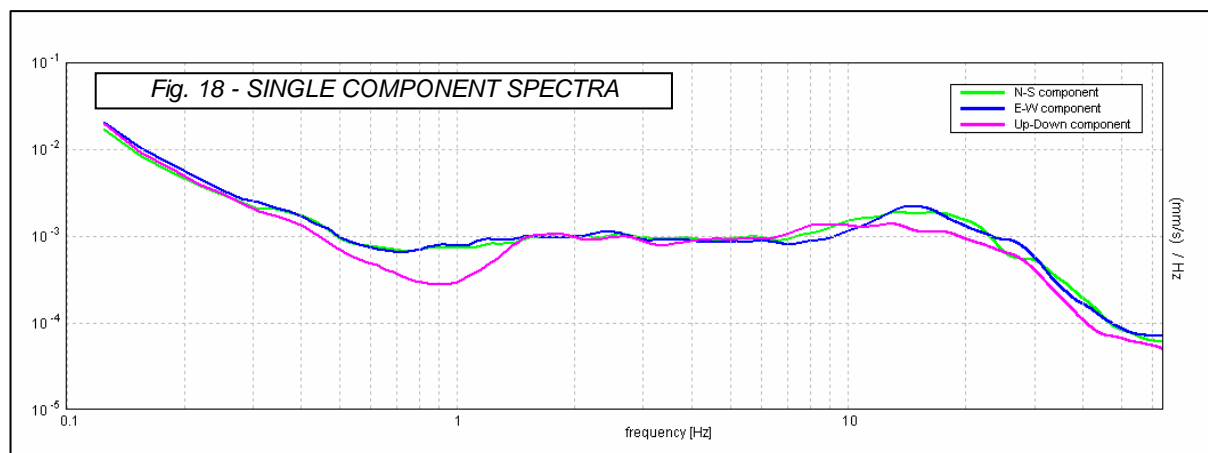
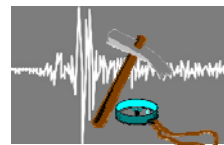


Fig. 16 - H/V TIME HISTORY

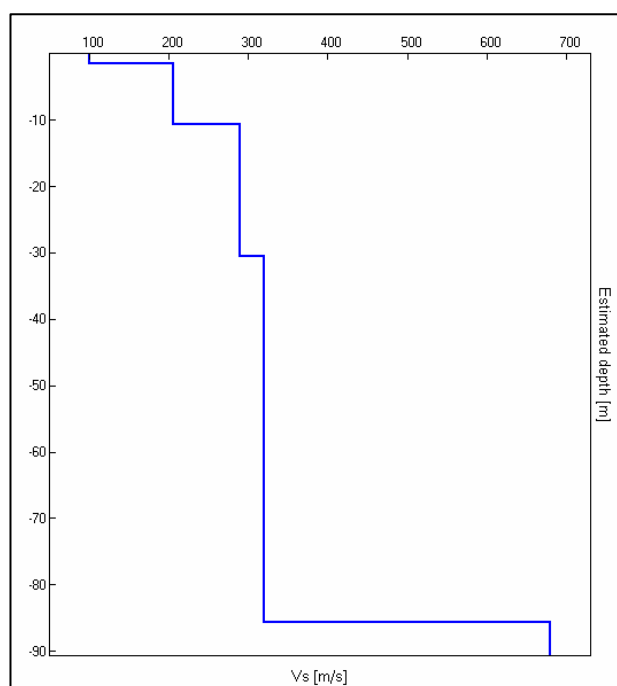


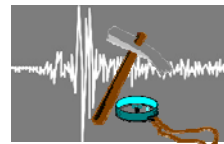


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.50	1.50	100
10.60	9.10	205
30.60	20.00	290
85.60	55.00	320
inf.	inf.	680

**Vs(0.0-30.0)=238m/s**

**Fig. 20 – ANDAMENTO DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO IN PROFONDITÀ**





## **9. ANALISI SISMICA**

### **9.1 CLASSIFICAZIONE**

Oltre alle indagini tromografiche descritte in precedenza, al fine di determinare le caratteristiche geofisiche dei terreni costituenti sottosuolo dell'area in esame, è stata condotta, dalla Ditta Geo-Xpert Italia di Vignola (MO), un'indagine diretta in sito di tipo sismico a rifrazione con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di  $V_{s30}$ , come riportato nella "Relazione di indagine geofisica" riportata in Allegato 3.

Da tale indagine è stato possibile verificare come i valori di  $V_{s30}$  per il lotto in esame siano simili a quelli ottenuti dalle indagini tromografiche avendo ottenuto un valore pari a 215 m/sec a fronte dei valori ottenuti dalle indagini tromografiche e pari a 225 m/sec (Tromino 001) e 238 m/sec (Tromino 002).

Dalle elaborazioni eseguite nei primi 30 metri di profondità, il suolo di fondazione analizzato appartiene, secondo quanto stabilito dal D.M. 14 gennaio 2008, alla categoria C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di  $15 < NSPT, 30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < Cu, 30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina)", avendo registrato a partire dal p.d.c. attuale valori  $V_{s30}$  compresi tra 215 e 238 m/sec.

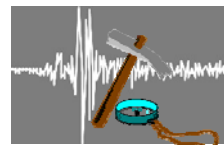
In considerazione del fatto che i valori dello stendimento MASW non hanno raggiunto il substrato marino individuato dalle indagini tromografiche alla profondità pari a circa 80 m dal p.d.c., nelle analisi di risposta sismica locale riportate nei capitoli successivi si è optato per utilizzare il profilo sismico rilevato dall'indagine tromografica Tromino 001 come profilo di riferimento delle velocità sismiche dei depositi presenti in profondità.

Tale scelta è stata eseguita inoltre sulla base del fatto che i valori registrati da tale indagine tromografica portano a risultati più cautelativi in termini di fattori di amplificazione della PGA rispetto a quelli registrati dallo stendimento MASW, soprattutto in relazione alla migliore risoluzione dei contrasti di impedenza sismica esistenti.

### **9.2 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO**

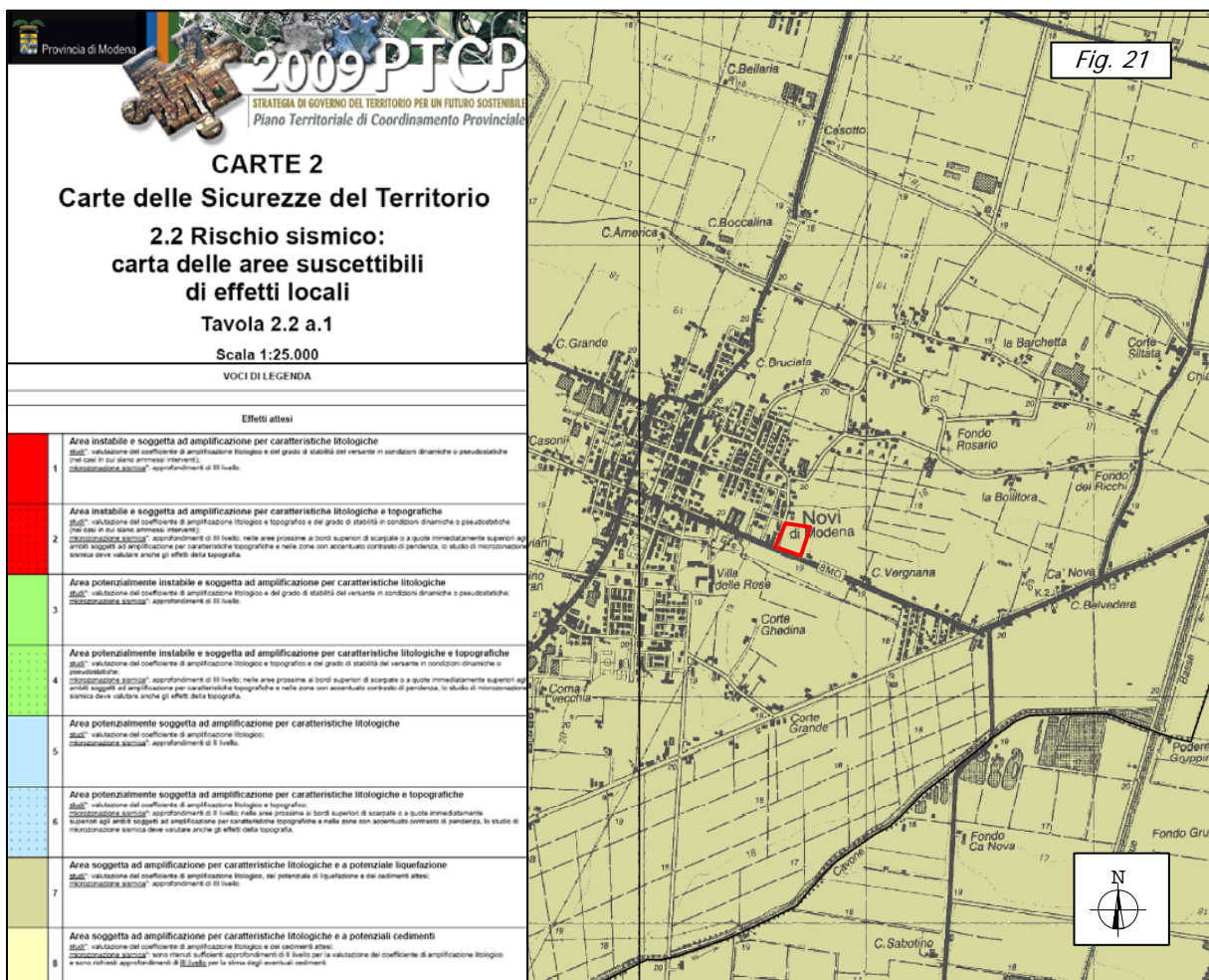
Per giungere alla determinazione della risposta sismica locale, un sito deve essere sottoposto a specifiche indagini di dettaglio finalizzate alla definizione di tutte le proprietà puntuali che la caratterizzano. Tali indagini riguardano la definizione dei seguenti aspetti:

1. Stratigrafia delle formazioni superficiali con dettagliata definizione dell'andamento dei contatti;
2. Profili di velocità delle onde sismiche trasversali e longitudinali dentro le formazioni superficiali;

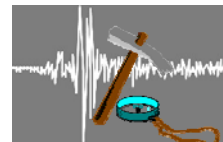


3. Morfologia di dettaglio dell'area.
4. Caratteristiche meccaniche dei terreni delle formazioni superficiali con particolare riferimento al loro comportamento sotto l'azione di carichi ciclici e dinamici;

L'area oggetto del presente studio, posta nella pianura modenese, è stata inserita all'interno delle "aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione" nella "Tavola 2.2 a.1 – Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP 2009 della Provincia di Modena (Approvato con D.C.P. n. 46 del 18/03/2009), come visibile in figura 21.



Come precedentemente affermato le indagini sismiche effettuate non hanno raggiunto il substrato rigido di riferimento o Bedrock sismico (caratterizzato da velocità delle onde S maggiori o uguali a 800 m/s) individuando alla profondità di circa 80 m terreni con velocità sismiche pari a 680 m/s. Ciononostante, in considerazione del fatto che a circa 80 m dal p.d.c. è stato comunque individuato il substrato marino e che le indagini tomografiche hanno evidenziato la presenza di un fortissimo contrasto di impedenza al passaggio tra i depositi alluvionali e quelli appartenenti al substrato marino, nella successive analisi si è considerato come bedrock sismico il substrato marino pur avendo misurato velocità delle onde S pari a 680 m/sec.



Si riportano pertanto, nella tabella sottostante, i valori di Vs presi come riferimento per l'analisi di Risposta Sismica Locale eseguita per il sito in esame e riportata nei paragrafi successivi.

Strato	Profondità iniziale e finale (m)	Spessore	Litologia	Velocità media onde S (m/sec)
1	0 – 0,8	0,8	Argille	80
2	0,8 – 9,2	8,4	Argille	170
3	9,2 – 29,2	20	Sabbie	280
4	29,2 – 83,2	54	Sabbie	300
5		<b>BEDROCK</b>		<b>680</b>

### 9.3 DATI DI INPUT SISMICO

Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale, si è utilizzato il programma EERA (Equivalent-linear Earthquake site Response Analysis of Layered Soil Deposits), basato sul codice SHAKE 91 per quanto concerne le soluzioni relative alle propagazioni delle onde di taglio.

Si tratta di un modello monodimensionale applicabile al sito in esame, in cui le cause principali di amplificazione del moto sismico sono il fenomeno di intrappolamento di onde S all'interno del deposito, favorito dal contrasto di impedenza fra terreno e basamento roccioso e la risonanza, determinata dalla prossimità tra le frequenze del moto al substrato e quelle naturali di vibrazione del deposito.

L'analisi è di tipo lineare equivalente che consiste nell'esecuzione di una sequenza di analisi lineari complete con aggiornamento successivo dei parametri di rigidità e smorzamento fino al soddisfacimento di un prefissato criterio

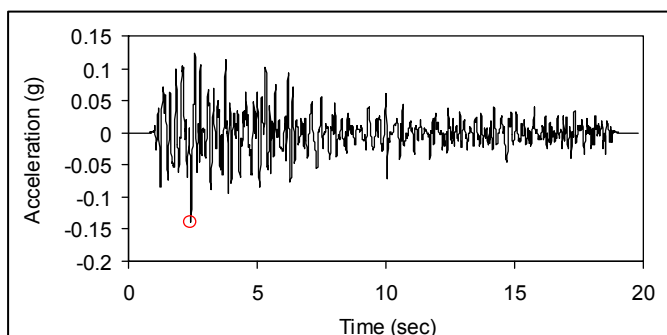


Fig. 22 - Input sismico: 000046xa\_036028NovidiModena

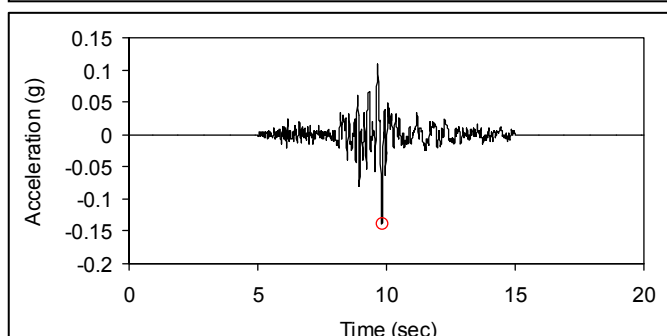


Fig. 23 - Input sismico: 000126xa\_036028NovidiModena

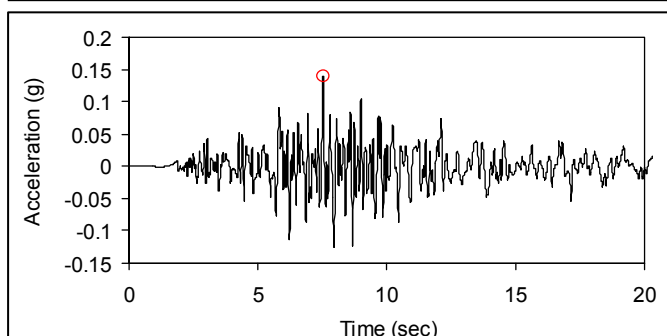
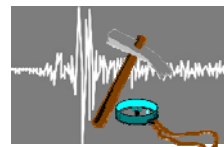


Fig. 24 - Input sismico: 000354xa\_036028NovidiModena



di convergenza.

Il calcolo è stato eseguito inserendo come segnale di input, i tre terremoti (figure 22, 23 e 24) forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Novi di Modena (MO) (Allegato 4 della Delibera dell'Assemblea legislativa della R.E.R. N°112 del 2 maggio 2007), provvedendo al taglio delle frequenze superiori ai 25 Hz, scalati sulla base di un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A, per  $T=0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità ( $a_{refg}$  - 10% di probabilità di superamento in 50 anni) pari a **0.139g**.

L'analisi è stata effettuata inoltre a partire da curve di variazione del modulo di rigidezza a taglio  $G$  e del fattore di smorzamento  $D$  (damping ratio) in funzione della deformazione per le diverse tipologie di materiali tratte da "Gruppo di lavoro MS, 2008 - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd" e riportate nelle figure seguenti.

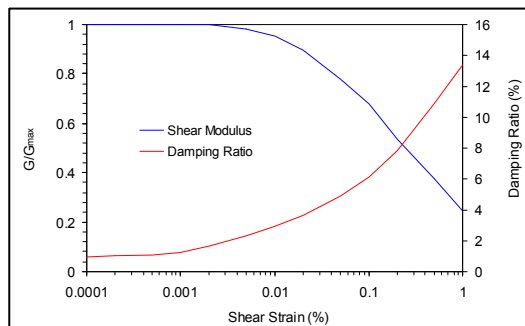


Fig. 25 – Variazione di  $G$  e  $D$  - Argilla - (Vucetic – P.I. 50).

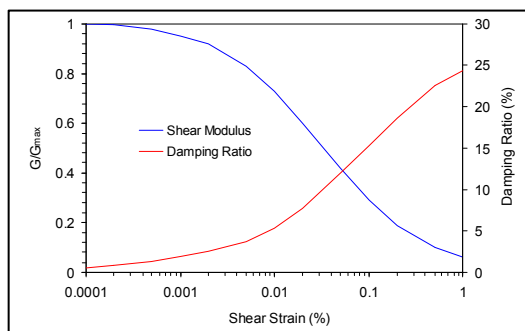


Fig. 26 – Variazione di  $G$  e  $D$  Sabbie (Seed & Idris - Media).

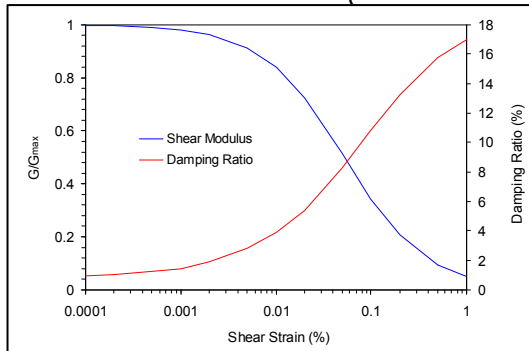
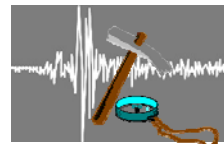


Fig. 27 – Variazione di  $G$  e  $D$  Ghiaie (Rollins et alii (1998)).

Alla presente relazione viene allegato su supporto informatico il risultato delle elaborazioni effettuate e riportate successivamente.

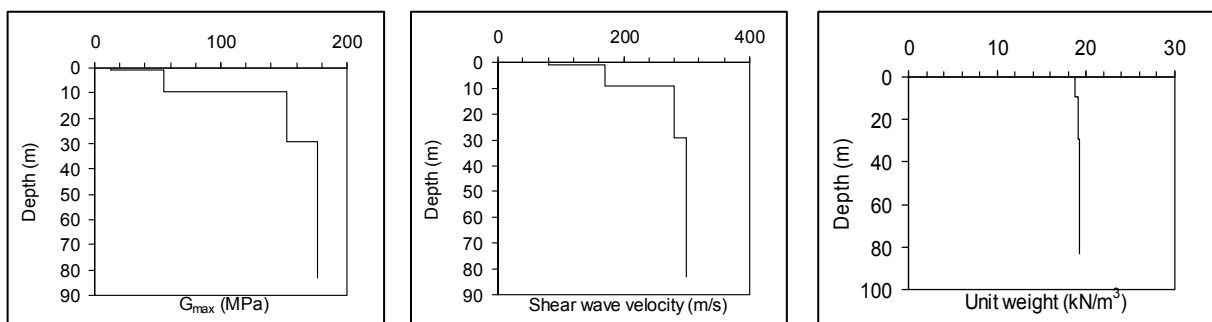


## 9.4 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE AL P.D.C. – TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO IN RIFERIMENTO ALLA D.G.R. 112/2007 –

Per il calcolo di Risposta sismica locale al p.d.c. attuale si è inserito il profilo del terreno sino alla profondità di 83.2 m, che corrisponde al Bedrock sismico considerato come individuato dalle indagini sismiche e descritto nei paragrafi precedenti, secondo lo schema riportato in seguito (fig. 28).

Fundamental period (s) = 1.19 Average shear wave velocity (m/sec ) = 279.95 Total number of sublayers = 20												<div>Fig. 28</div>	
	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus $G_{max}$ (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m <sup>3</sup> )	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)	
Surface	1	1	1	0.8	12.17		18.65	80			0.4	7.46	
	2	1	8	8.4	55.09		18.70	170		W	1.3	24.74	
	3	2	5	20.0	152.64		19.10	280			2.4	39.22	
	4	2	5	54.0	176.15		19.20	300			3.4	48.56	
Bedrock	5	0			989.85	1	21.00	680	Outcrop		4.5	57.89	

Fig. 28



L'elaborazione, svolta sui tre terremoti di riferimento, ha fornito i seguenti risultati, in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione massima orizzontale in superficie, per un valore di smorzamento critico pari al 5%, presentati in figura 29.

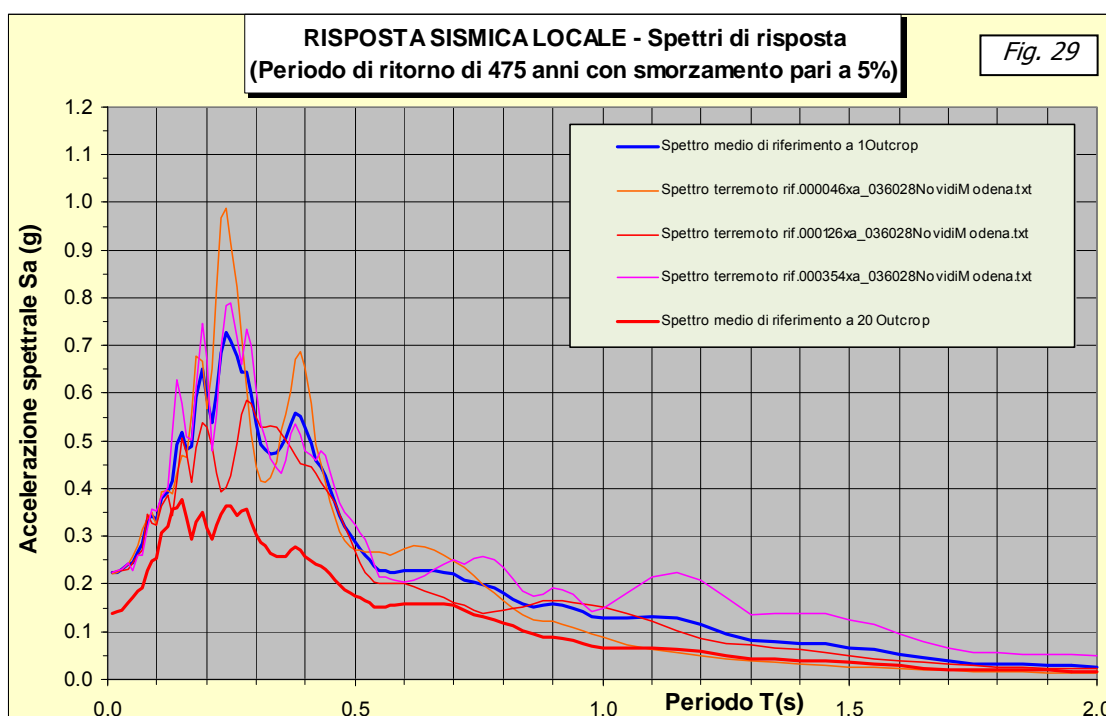
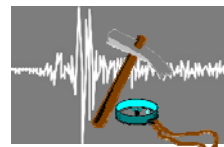
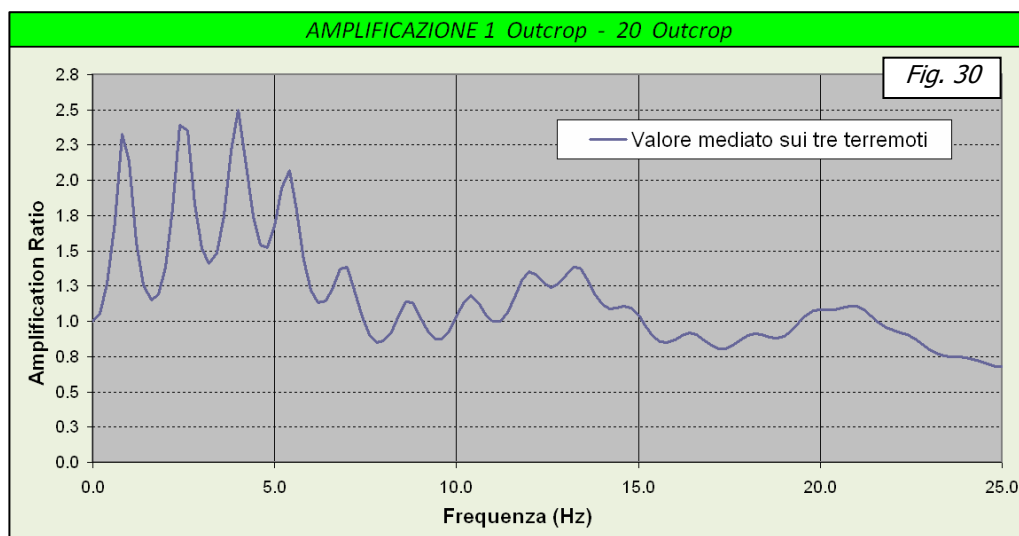


Fig. 29

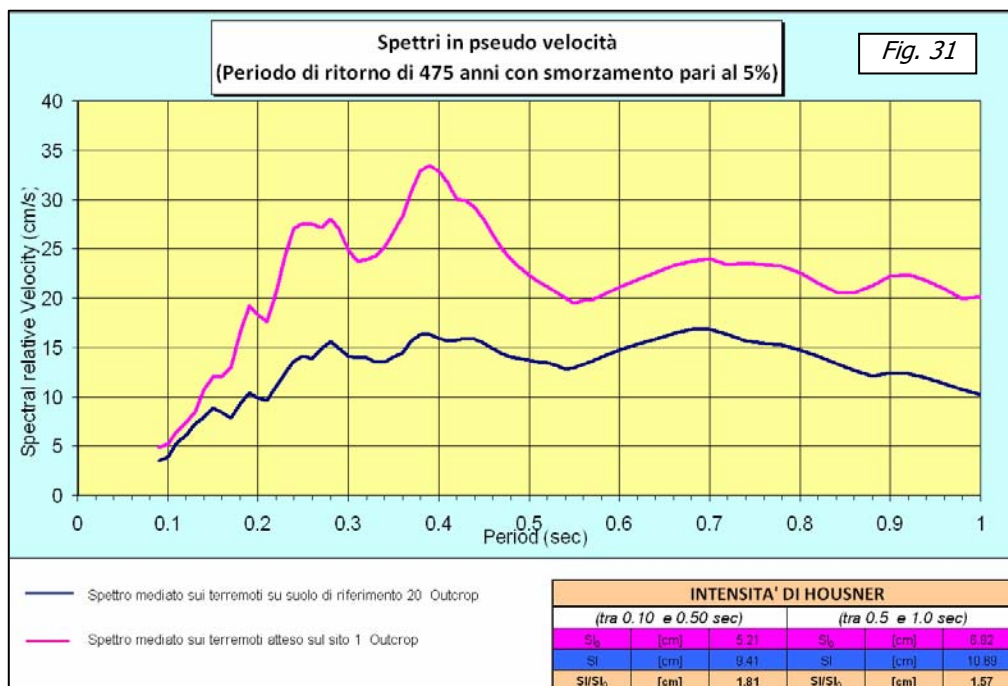


Il valore medio della PGA in superficie è risultato pari a **0.224 g**, con un fattore di amplificazione ( $PGA/PGA_0$ ) pari a 1,61.

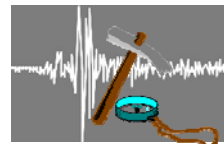
La figura 30 riporta invece la funzione di amplificazione locale ricavata dallo studio eseguito mediata sui tre terremoti, ed identificabile come il rapporto tra l'ampiezza degli spettri di Fourier al sito e l'ampiezza in corrispondenza della formazione rocciosa affiorante utilizzando un valore di smorzamento critico pari al 5%.



L'analisi ha inoltre permesso di ricavare gli spettri in pseudo-velocità calcolati per ogni terremoto utilizzato sia al suolo di riferimento che alla superficie del sito esaminato (fig. 31).



Il fattore di amplificazione in termini di rapporto ( $S_1/S_0$ ) di Intensità di Housner negli intervalli di frequenza 0.1–0.5 sec e 0.5-1.0 sec., risultano pari rispettivamente a 1.81 e 1.57 come visibile in figura 31.



## **10 - VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE**

Litologicamente i terreni del primo sottosuolo in tutta l'area di interesse risultano caratterizzati da una certa omogeneità e tipica di un ambiente di pianura alluvionale nel quale si alternano sia spazialmente che temporalmente ambienti deposizionali tra loro collegati.

Sostanzialmente si evidenzia una componente argilloso-sabbiosa predominante nei primi 10 m di profondità, con intercalazioni di livelli sabbiosi rilevati in particolare nella prova P1 a profondità comprese tra 2.2 e 3.4 m.

Procedendo con la profondità entrambe le prove realizzate hanno poi rilevato la presenza di terreni costituiti da alternanze irregolari di limi, terre limo-sabbiose e argille sabbiose sino alla profondità mediamente pari a 13 m seguiti dai depositi prevalentemente sabbiosi appartenenti alle alluvioni del fiume Po individuate sino alla profondità massima indagata.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione è stata eseguita pertanto considerando i risultati entrambe le prove realizzate.

I livelli limo-sabbiosi e sabbiosi individuati risultano essere in falda e pertanto potenzialmente liquefacibili.

Di conseguenza è stata effettuata un'analisi per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione attraverso un'analisi semplificata in condizioni di free-field valutando, ad ogni quota  $z$  del deposito compresa nei primi 20 m, la suscettibilità alla liquefazione attraverso un coefficiente di sicurezza  $F_L$  dato dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione (CRR) e sollecitazione indotta dall'azione sismica (rapporto di tensione ciclica CSR) mediante i metodi riportati di seguito ed indicati dalle "Linee Guida AGI – Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica".

Per quanto concerne la magnitudo, come riportato nei capitoli precedenti, si è fatto riferimento ad un valore pari a 5.5.

Per quel che concerne invece l'accelerazione massima attesa in superficie nell'area in esame, lo studio di risposta sismica locale ha portato ad un valore pari a 0.224 g.

Il coefficiente di sicurezza  $F_L$  è stato calcolato a partire dalla seguente formula:

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

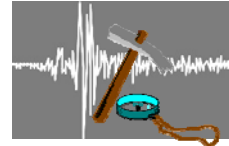
Il rapporto di tensione ciclica CSR, ad una determinata profondità, può essere valutato attraverso l'espressione di Seed e Idriss, 1971 riportata di seguito:

$$CSR = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} R_d$$

Dove:

$a_{\max}$  : accelerazione di picco al piano campagna del terremoto di progetto;

$g$  : accelerazione di gravità;



$\sigma_{v0}$  : tensione totale verticale alla profondità considerata;

$\sigma'_{v0}$  : tensione efficace verticale alla profondità considerata;

$R_d$  : coefficiente riduttivo dell'azione sismica per valutare la deformabilità del sottosuolo;

Il coefficiente riduttivo dell'azione sismica  $R_d$  si può ricavare, per profondità del piano campagna inferiori a 20 m, mediante la seguente espressione (Idriss e Boulanger, 2004):

$$R_d = \exp \left[ \left( -1.012 - 1.126 \sin \left( \frac{z}{11.73} + 5.133 \right) \right) + \left( 0.106 + 0.118 \sin \left( \frac{z}{11.28} + 5.142 \right) \right) M \right]$$

Essendo  $z$  la profondità dal piano campagna espressa in metri ed  $M$  la magnitudo di momento dell'evento sismico atteso.

Poiché le procedure semplificate sono state elaborate sulla base di osservazioni sul comportamento dei depositi durante eventi sismici con magnitudo di momento  $M$  pari a 7.5, per eventi di magnitudo diversa occorre ridurre il carico sismico a quello equivalente di un terremoto di magnitudo 7.5 ( $CSR_{M=7.5}$ ) attraverso la seguente relazione:

$$CSR_{M=7.5} = \frac{CSR}{MSF}$$

In cui  $MSF$  è un fattore di scala per la magnitudo che si può ricavare dall'espressione riportata di seguito (Idriss e Boulanger, 2004):

$$MSF = 6.9 \exp \left( \frac{-M}{4} \right) - 0.058$$

Per quel che concerne invece la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR, la resistenza penetrometrica,  $q_c$ , ricavata dalle indagine penetrometriche statiche CPT, deve essere ricondotta ad un valore normalizzato,  $q_{c1N}$ , attraverso la seguente espressione:

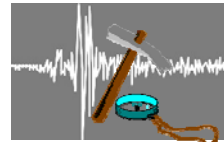
$$q_{c1N} = C_Q \frac{q_c}{p_a}$$

Dove  $p_a$  (pressione atmosferica pari a 100kPa) e  $q_c$  espressa nella stessa unità di misura.

Il coefficiente  $C_Q$  (fattore correttivo per tener conto dell'influenza della pressione verticale efficace) può essere ricavato per via iterativa dalla seguente espressione (Boulanger e Idriss, 2004):

$$C_Q = \left( \frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{1.338 - 0.294(q_{c1N})^{0.264}}$$

Tale coefficiente non deve superare il valore di 1.7.



Dal valore di  $(q_{c1N})$  è possibile ottenere la resistenza alla liquefazione, per eventi sismici di magnitudo di momento pari a  $M=7.5$ , mediante la seguente espressione valida per sabbie pulite (Idriss e Boulanger, 2004).

$$CRR = \exp \left[ \frac{q_{c1N}}{540} + \left( \frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left( \frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left( \frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$$

Per materiali con frazione fine non trascurabile invece, per ottenere la resistenza alla liquefazione CRR è stata utilizzata la seguente equazione (Robertson e Wride, 1997):

$$CRR = 0.883 \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad \text{se } (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \quad \text{se } (q_{c1N})_{cs} > 50$$

Nelle equazioni sopra riportate appare il valore  $(q_{c1N})_{cs}$ .

Infatti, nel caso di materiali con frazione fine non trascurabile la resistenza penetrometrica normalizzata  $q_{c1N}$  deve essere ricondotta ad un valore per sabbie pulite  $(q_{c1N})_{cs}$  mediante la seguente espressione (Robertson e Wride, 1998):

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c * q_{c1N}$$

Il fattore correttivo  $K_c$  è dato da:

$$K_c = 1.0 \quad \text{per } I_c \leq 1.64$$

$$K_c = -17.88 + 33.75I_c - 21.63I_c^2 + 5.581I_c^3 - 0.4031I_c^4 \quad \text{per } I_c > 1.64$$

Il parametro di comportamento del terreno  $I_c$  da inserire nelle equazioni sopra riportate è una funzione della resistenza alla punta  $q_c$  e della resistenza laterale del manicotto  $f_s$  misurate dalle prove penetrometriche CPT.

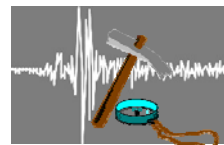
In particolare:

$$I_c = \left[ (3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2 \right]^{0.5}$$

con:

$$Q = \left[ \left( \frac{(q_c - \sigma_{vo})}{P_a} \right) \right] \left[ \left( \frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n \right] \quad \text{resistenza penetrometrica normalizzata}$$

$$F = \left[ \frac{f_s}{(q_c - \sigma_{vo})} \right] * 100\% \quad \text{resistenza laterale normalizzata}$$



Da quanto sopra, il 1° dato da ottenere è l'Indice  $I_C$  e relativo esponente di sforzo ( $n$ ), che si ottengono procedendo per steps successivi:

- 1) se  $I_C > 2,6$  ed  $n=1$  allora il terreno è classificabile coesivo quindi non liquefacibile ed il calcolo è terminato;
- 2) se  $I_C < 2,6$  il suolo può essere di natura granulare e si ripete il calcolo con  $n= 0,5$ ;
- 3) se dal ricalcolo del punto 2  $I_C > 2,6$  il suolo è classificabile come non coesivo ed il valore di  $I_C$  sarà utilizzato nel calcolo di  $q_{cIN}$
- 4) se dal ricalcolo del punto 3  $I_C > 2,6$  il suolo è classificabile come limoso ed eventualmente coesivo e si dovrà ripetere il calcolo con  $n= 0,7$  ed il valore del nuovo IC sarà utilizzato nel calcolo di  $q_{cIN}$
- 5) se dal ricalcolo del punto 4  $I_C > 2,6$  si utilizzerà come  $q_{cIN}$  il valore di  $2q_c$ .

In ottemperanza a quanto previsto dalla Del. Ass. Reg. n° 112 (All. A3, cap. 2), ottenuti i valori di CSR e di CRR è possibile valutare il coefficiente di sicurezza  $F_L$ .

Come previsto da tale normativa se  $F_L > 1$  si possono escludere fenomeni di liquefazione mentre se  $F_L < 1$  è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

Ottenuto il parametro  $F_L$  è possibile operare una stima probabilistica della possibilità che avvenga la liquefazione, utilizzando la seguente relazione proposta dalla normativa:

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

In cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri e  $w(z) = 10 - 0.5z$ .

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

$$F = 1 - F_L \quad \text{se } F_L \leq 1$$

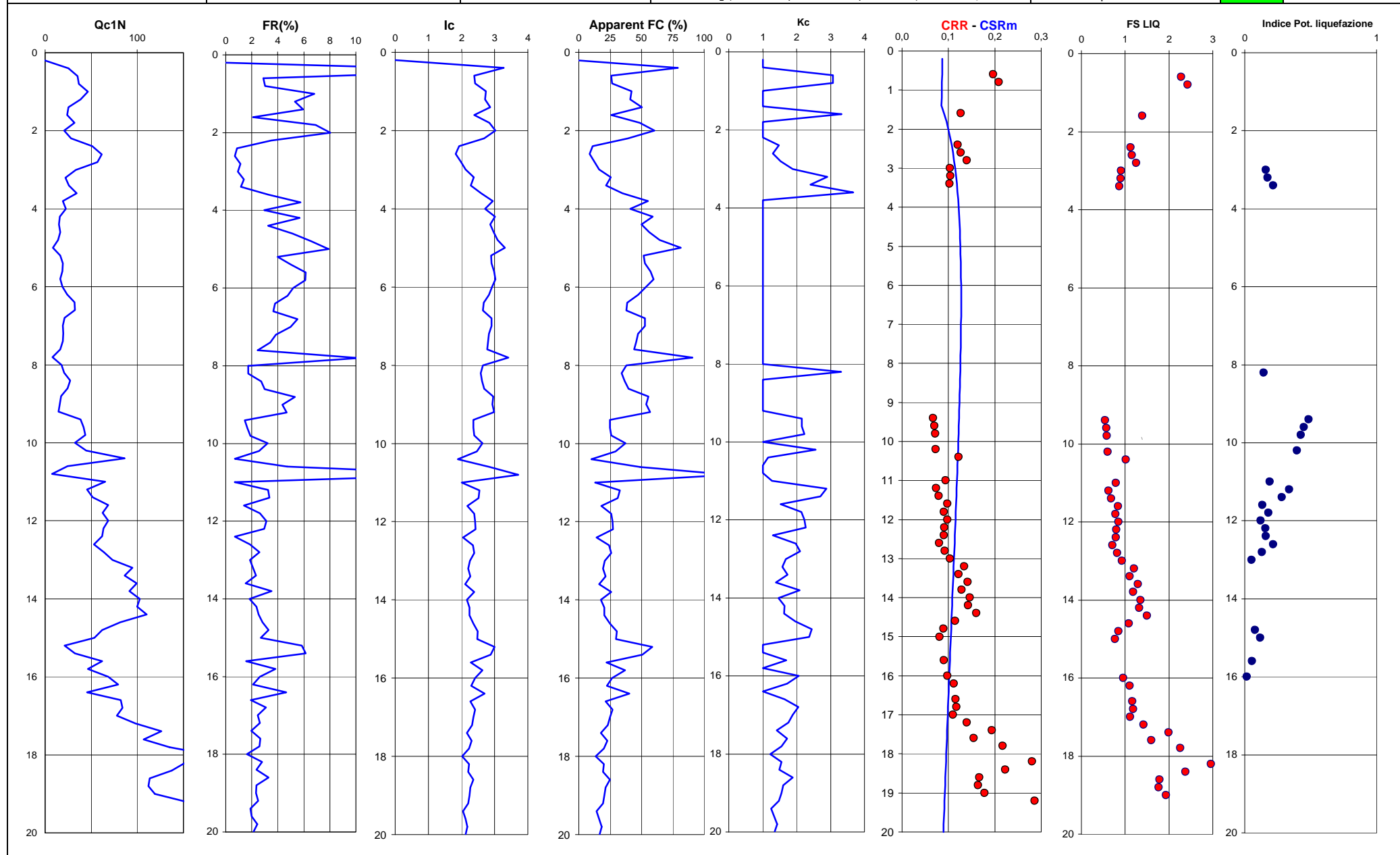
$$F = 0 \quad \text{se } F_L > 1$$

In particolare, come previsto dalla normativa suddetta, il valore dell'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  valutato porta alla definizione del rischio di liquefazione che è: basso se  $0 < I_L \leq 5$ ; elevato se  $5 < I_L \leq 15$ ; estremamente elevato se  $I_L > 15$ .

Come riportato nelle tabelle successive, che mostrano la verifica della suscettibilità alla liquefazione svolta per le due prove penetrometriche realizzate, la valutazione dell'indice di potenziale di liquefazione  $I_L$  ha portato ad un valore pari a 4.69 per la CPT1 e pari a 1.45 per la CPT2 e pertanto il rischio di liquefazione può essere considerato basso.

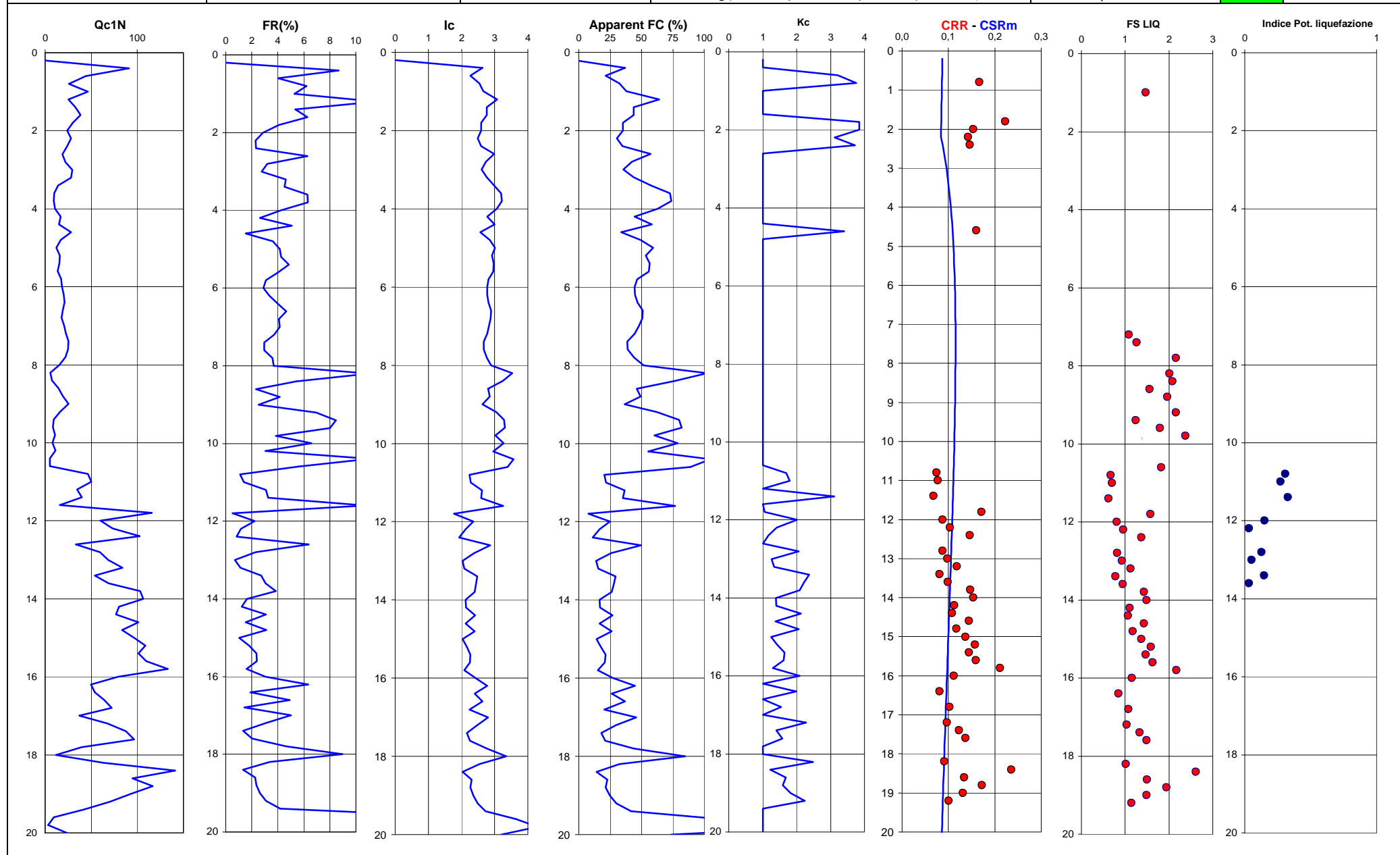
Informazioni generali	Informazioni falda	Informazioni terremoto	Informazioni e Risultati analisi
Località    Novi di Modena Coord GB   1650633,4972454 Prova       CPT1 data        15/11/2010	Profondità falda da pdc (m) =        2,2	$M_w$ :            5,5 $a_{max}$ (g) :      0,224	CRR > Formule di Robertson e Wride (1997) - sabbie con fine CRR > Formula di Boulanger e Idriss (2004) - sabbie pulite $CSR = 0.65(a_{max}/g)(\sigma'_{vo}/\sigma'_{vo})r_d$ con $r_d$ Idriss e Boulanger, 2004 $F_{LIQ} = (CRR/CSR) * MSF$ con MSF di Idriss e Boulanger, 2004 $I_L$ (indice del potenziale liquefazione) =        4,69 <div> Rischio di liquefazione =        <b>basso</b> </div>

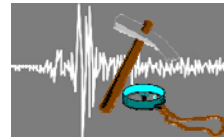
**Studio Geologico Fiori Alberto**  
Via Radici in Piano, 371-  
Formigine (MO)



Informazioni generali	Informazioni falda	Informazioni terremoto	Informazioni e Risultati analisi	
Località    Novi di Modena Coord GB   1650611,4972547 Prova       CPT2 data        15/11/2010	Profondità falda da pdc (m) =    2,2	M <sub>w</sub> :            5,5 a <sub>max</sub> (g) :    0,224	CRR > Formule di Robertson e Wride (1997) - sabbie con fine CRR > Formula di Boulanger e Idriss (2004) - sabbie pulite CSR = 0.65(a <sub>max</sub> /g)(σ <sub>vo</sub> /σ' <sub>vo</sub> ) <sup>r<sub>d</sub></sup> con rd Idriss e Boulanger, 2004 F <sub>LIQ</sub> = (CRR/CSR)*MSF con MSF di Idriss e Boulanger, 2004 I <sub>L</sub> (indice del potenziale liquefazione) =    1,45	
			Rischio di liquefazione =	basso

**Studio Geologico Fiori Alberto**  
Via Radici in Piano, 371-  
Formigine (MO)





## **11 - CONCLUSIONI**

Sulla base delle considerazioni, delle ipotesi e dei calcoli svolti si dà parere favorevole alla realizzazione degli interventi in progetto, avendone verificato la compatibilità da un punto di vista geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

Considerando la superficialità dei livelli statici della falda freatica contenuta all'interno dei depositi prevalentemente sabbiosi presenti e le probabili escursioni stagionali della stessa sull'area, si può ritenere tale falda interferente con le strutture fondali degli edifici in progetto e/o con eventuali porzioni interrato o seminterrate degli stessi; si dovranno quindi prevedere, in fase esecutiva, idonei sistemi di impermeabilizzazione e drenaggio di tali acque, nonché una valutazione attenta della stabilità delle eventuali pareti di scavo.

In sintesi le buone caratteristiche geotecniche dei terreni consentono l'adozione di fondazioni di tipo superficiale da dimensionare in fase esecutiva.

Sono stati inoltre analizzati gli aspetti sismici dell'area provvedendo, con uno Studio di Risposta sismica locale eseguito al p.d.c. attuale (terzo livello di approfondimento) al fine di determinare gli spettri di risposta elastici della componente orizzontale, con i risultati riportati nei capitoli precedenti.

E' stata eseguita la verifica del rischio di liquefazione dei depositi sabbiosi rilevati dalle indagini geognostiche. Sulla base delle analisi svolte il rischio di liquefazione può essere considerato basso.

La presente relazione è stata redatta ai sensi della Circolare Regionale n. 1288 dell'11 Febbraio 1983, della Circolare regionale n° 3891/AT.SU del 21 Marzo 1974, della Delibera di Giunta Regionale n. 1667 del 24 Ottobre 2005, e di quanto previsto, per quel che concerne gli aspetti sismici, dal D.M. 14/01/2008 e dalla Delib. Assemblea legislativa R.E.R. progr. N°112 del 02/05/2007.

Dott. Geol. A. Fiori



Formigine, lì 18/11/2010

**ALLEGATO N° 1**  
**DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE**



STUDIO TECNICO AMBIENTALE

**GEOTECH**

*di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi*

Via I. Martinelli n° 51A - 41010 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : Dott. Geol. Fiori Alberto

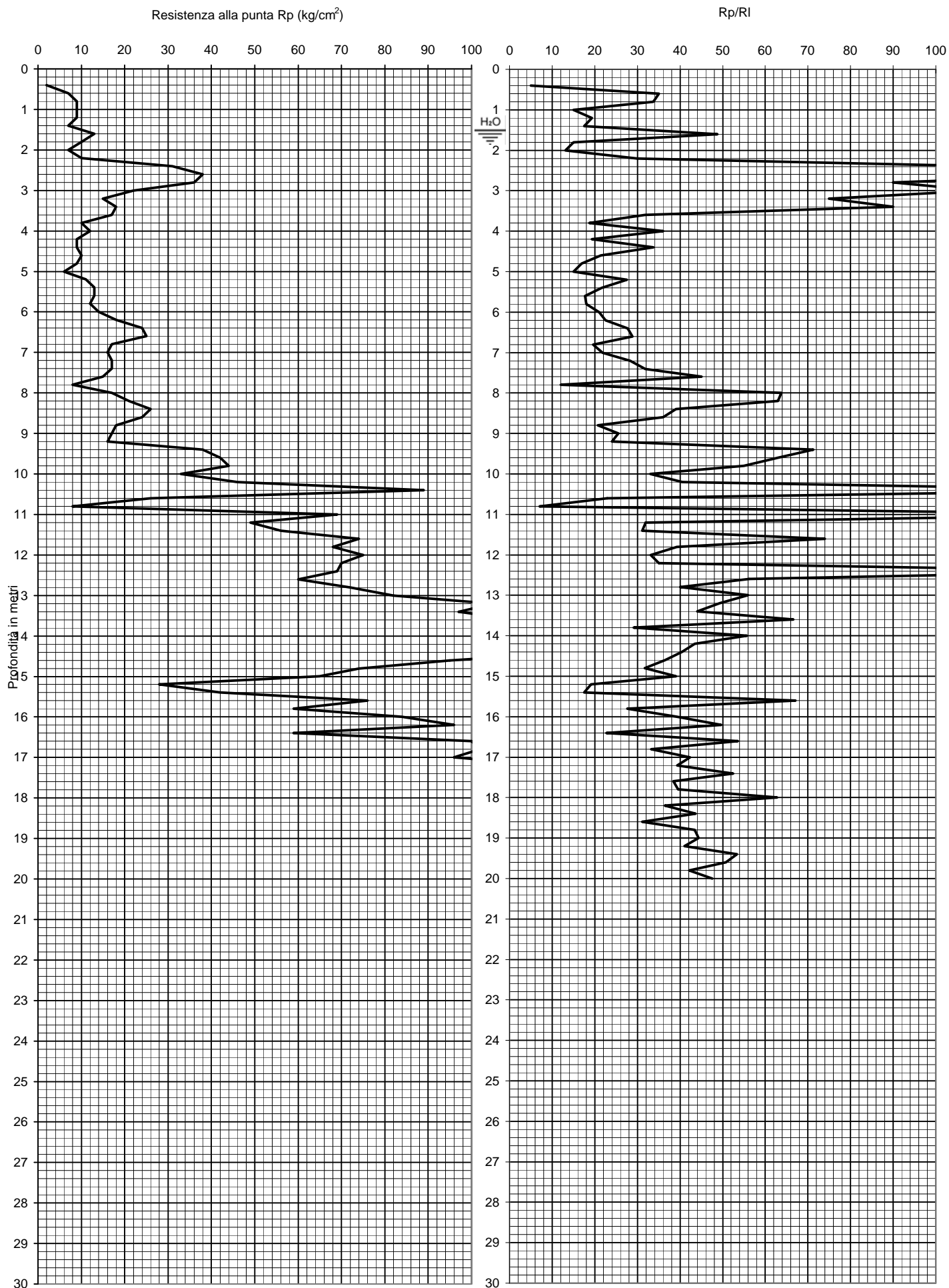
Località : Via del Gesù Novi (MO)

Prova numero : 1

Data : 15/11/2010

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Quota : p.d.c. attuale



PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [ - ]
0.20					
0.40	2	8	2	0.40	5.00
0.60	7	10	7	0.20	35.00
0.80	9	13	9	0.27	33.75
1.00	9	18	9	0.60	15.00
1.20	9	16	9	0.47	19.29
1.40	7	13	7	0.40	17.50
1.60	13	17	13	0.27	48.75
1.80	10	20	10	0.67	15.00
2.00	7	15	7	0.53	13.13
2.20	10	15	10	0.33	30.00
2.40	31	35	31	0.27	116.25
2.60	38	42	38	0.27	142.50
2.80	36	42	36	0.40	90.00
3.00	22	25	22	0.20	110.00
3.20	15	18	15	0.20	75.00
3.40	18	21	18	0.20	90.00
3.60	17	25	17	0.53	31.88
3.80	10	18	10	0.53	18.75
4.00	12	17	12	0.33	36.00
4.20	9	16	9	0.47	19.29
4.40	9	13	9	0.27	33.75
4.60	10	17	10	0.47	21.43
4.80	9	17	9	0.53	16.88
5.00	6	12	6	0.40	15.00
5.20	11	17	11	0.40	27.50
5.40	13	22	13	0.60	21.67
5.60	13	24	13	0.73	17.73
5.80	12	22	12	0.67	18.00
6.00	14	24	14	0.67	21.00
6.20	18	30	18	0.80	22.50
6.40	24	37	24	0.87	27.69
6.60	25	38	25	0.87	28.85
6.80	17	30	17	0.87	19.62
7.00	16	27	16	0.73	21.82
7.20	17	26	17	0.60	28.33
7.40	17	25	17	0.53	31.88
7.60	15	20	15	0.33	45.00
7.80	8	18	8	0.67	12.00
8.00	17	21	17	0.27	63.75
8.20	21	26	21	0.33	63.00
8.40	26	36	26	0.67	39.00
8.60	24	34	24	0.67	36.00
8.80	18	31	18	0.87	20.77
9.00	17	27	17	0.67	25.50
9.20	16	26	16	0.67	24.00
9.40	38	46	38	0.53	71.25
9.60	42	52	42	0.67	63.00
9.80	44	56	44	0.80	55.00
10.00	33	48	33	1.00	33.00
10.20	46	63	46	1.13	40.59
10.40	89	98	89	0.60	148.33
10.60	26	43	26	1.13	22.94
10.80	8	25	8	1.13	7.06
11.00	69	76	69	0.47	147.86
11.20	49	72	49	1.53	31.96
11.40	56	83	56	1.80	31.11
11.60	74	89	74	1.00	74.00
11.80	68	94	68	1.73	39.23
12.00	75	109	75	2.27	33.09
12.20	70	100	70	2.00	35.00
12.40	69	76	69	0.47	147.86
12.60	60	76	60	1.07	56.25
12.80	72	99	72	1.80	40.00
13.00	82	104	82	1.47	55.91
13.20	105	137	105	2.13	49.22
13.40	97	130	97	2.20	44.09
13.60	111	136	111	1.67	66.60
13.80	103	156	103	3.53	29.15
14.00	115	146	115	2.07	55.65
14.20	113	152	113	2.60	43.46
14.40	124	170	124	3.07	40.43
14.60	95	134	95	2.60	36.54
14.80	74	109	74	2.33	31.71
15.00	65	90	65	1.67	39.00

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [ - ]
15.20	28	50	28	1.47	19.09
15.40	42	78	42	2.40	17.50
15.60	76	93	76	1.13	67.06
15.80	59	91	59	2.13	27.66
16.00	84	116	84	2.13	39.38
16.20	96	125	96	1.93	49.66
16.40	59	98	59	2.60	22.69
16.60	100	128	100	1.87	53.57
16.80	102	148	102	3.07	33.26
17.00	96	130	96	2.27	42.35
17.20	118	163	118	3.00	39.33
17.40	147	189	147	2.80	52.50
17.60	128	178	128	3.33	38.40
17.80	158	218	158	4.00	39.50
18.00	201	249	201	3.20	62.81
18.20	175	247	175	4.80	36.46
18.40	160	215	160	3.67	43.64
18.60	137	203	137	4.40	31.14
18.80	136	183	136	3.13	43.40
19.00	145	194	145	3.27	44.39
19.20	178	243	178	4.33	41.08
19.40	231	296	231	4.33	53.31
19.60	193	250	193	3.80	50.79
19.80	194	263	194	4.60	42.17
20.00	203	267	203	4.27	47.58
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					



**STUDIO TECNICO AMBIENTALE**

***GEOTECH***

*di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi*

Via I. Martinelli n° 51A - 41010 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

***PROVA PENETROMETRICA STATICA***

Penetrometro TG 63-100 KN

**Committente** : Dott. Geol. Fiori Alberto

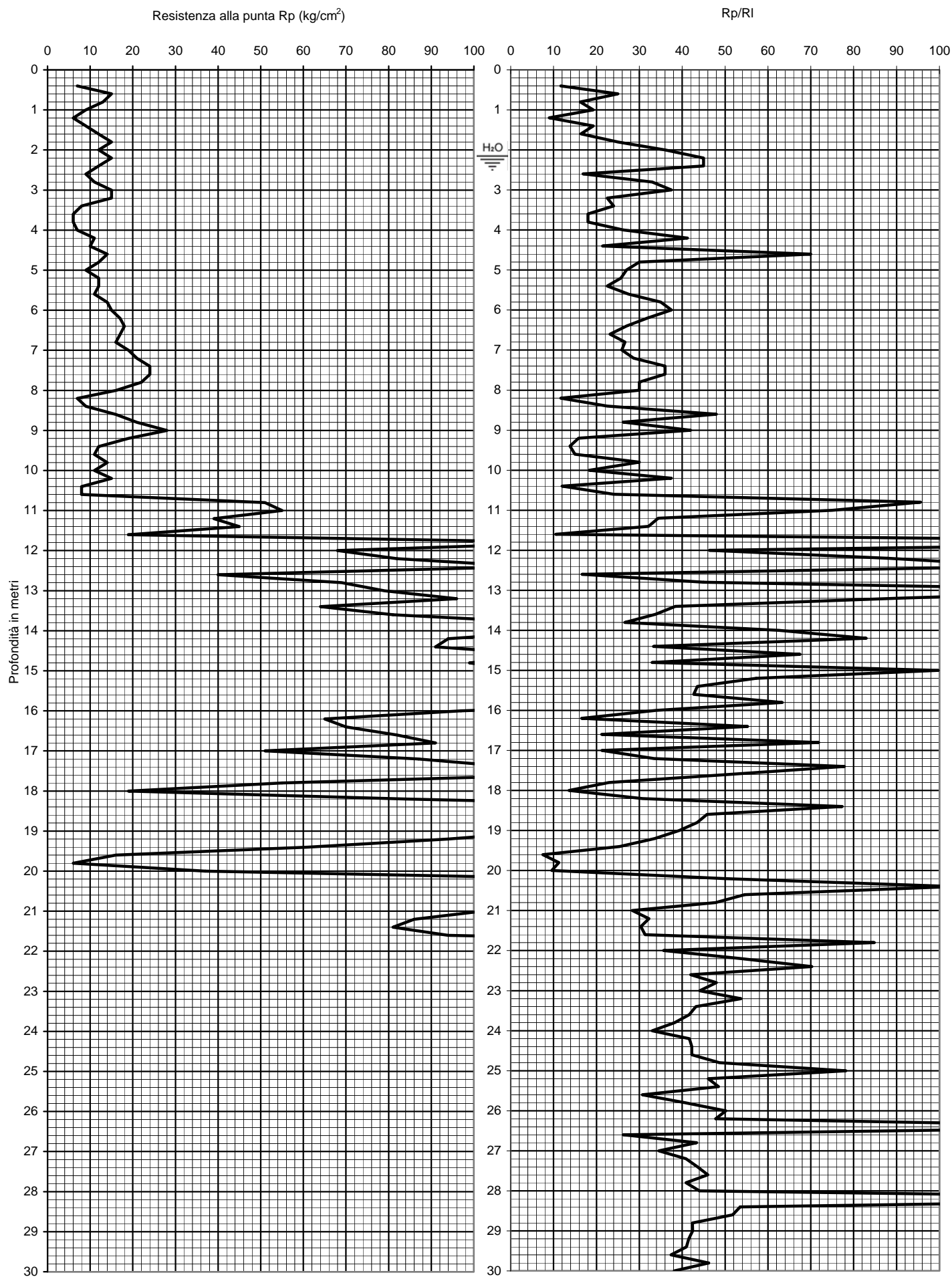
**Località** : Via del Gesù Novi (MO)

**Prova numero** : 2

**Data** : 15/11/2010

**Operatore** : Dott. Geol. L. Malvezzi

**Quota** : p.d.c. attuale



PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [ - ]
0.20					
0.40	7	16	7	0.60	11.67
0.60	15	24	15	0.60	25.00
0.80	13	25	13	0.80	16.25
1.00	9	16	9	0.47	19.29
1.20	6	16	6	0.67	9.00
1.40	9	16	9	0.47	19.29
1.60	12	23	12	0.73	16.36
1.80	15	24	15	0.60	25.00
2.00	12	17	12	0.33	36.00
2.20	15	20	15	0.33	45.00
2.40	12	16	12	0.27	45.00
2.60	9	17	9	0.53	16.88
2.80	11	16	11	0.33	33.00
3.00	15	21	15	0.40	37.50
3.20	15	25	15	0.67	22.50
3.40	8	13	8	0.33	24.00
3.60	6	11	6	0.33	18.00
3.80	6	11	6	0.33	18.00
4.00	7	11	7	0.27	26.25
4.20	11	15	11	0.27	41.25
4.40	10	17	10	0.47	21.43
4.60	14	17	14	0.20	70.00
4.80	12	18	12	0.40	30.00
5.00	9	14	9	0.33	27.00
5.20	12	19	12	0.47	25.71
5.40	12	20	12	0.53	22.50
5.60	11	17	11	0.40	27.50
5.80	14	20	14	0.40	35.00
6.00	15	21	15	0.40	37.50
6.20	17	25	17	0.53	31.88
6.40	18	28	18	0.67	27.00
6.60	17	28	17	0.73	23.18
6.80	16	25	16	0.60	26.67
7.00	19	30	19	0.73	25.91
7.20	21	32	21	0.73	28.64
7.40	24	34	24	0.67	36.00
7.60	24	34	24	0.67	36.00
7.80	22	33	22	0.73	30.00
8.00	16	24	16	0.53	30.00
8.20	7	16	7	0.60	11.67
8.40	9	15	9	0.40	22.50
8.60	16	21	16	0.33	48.00
8.80	21	33	21	0.80	26.25
9.00	28	38	28	0.67	42.00
9.20	19	37	19	1.20	15.83
9.40	12	25	12	0.87	13.85
9.60	11	22	11	0.73	15.00
9.80	14	21	14	0.47	30.00
10.00	11	20	11	0.60	18.33
10.20	15	21	15	0.40	37.50
10.40	8	18	8	0.67	12.00
10.60	8	13	8	0.33	24.00
10.80	51	59	51	0.53	95.63
11.00	55	66	55	0.73	75.00
11.20	39	56	39	1.13	34.41
11.40	45	66	45	1.40	32.14
11.60	19	46	19	1.80	10.56
11.80	125	135	125	0.67	187.50
12.00	68	90	68	1.47	46.36
12.20	82	96	82	0.93	87.86
12.40	113	127	113	0.93	121.07
12.60	40	76	40	2.40	16.67
12.80	69	92	69	1.53	45.00
13.00	79	87	79	0.53	148.13
13.20	96	112	96	1.07	90.00
13.40	64	89	64	1.67	38.40
13.60	81	117	81	2.40	33.75
13.80	117	183	117	4.40	26.59
14.00	121	150	121	1.93	62.59
14.20	94	111	94	1.13	82.94
14.40	91	132	91	2.73	33.29
14.60	117	143	117	1.73	67.50
14.80	99	144	99	3.00	33.00
15.00	113	130	113	1.13	99.71

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [ - ]
15.20	126	159	126	2.20	57.27
15.40	119	160	119	2.73	43.54
15.60	128	173	128	3.00	42.67
15.80	152	188	152	2.40	63.33
16.00	97	140	97	2.87	33.84
16.20	65	124	65	3.93	16.53
16.40	70	89	70	1.27	55.26
16.60	82	140	82	3.87	21.21
16.80	91	110	91	1.27	71.84
17.00	51	87	51	2.40	21.25
17.20	87	126	87	2.60	33.46
17.40	109	130	109	1.40	77.86
17.60	119	154	119	2.33	51.00
17.80	55	91	55	2.40	22.92
18.00	19	40	19	1.40	13.57
18.20	84	125	84	2.73	30.73
18.40	165	197	165	2.13	77.34
18.60	119	158	119	2.60	45.77
18.80	142	191	142	3.27	43.47
19.00	118	163	118	3.00	39.33
19.20	94	136	94	2.80	33.57
19.40	61	97	61	2.40	25.42
19.60	16	48	16	2.13	7.50
19.80	6	14	6	0.53	11.25
20.00	37	95	37	3.87	9.57
20.20	130	169	130	2.60	50.00
20.40	214	245	214	2.07	103.55
20.60	200	255	200	3.67	54.55
20.80	172	226	172	3.60	47.78
21.00	102	156	102	3.60	28.33
21.20	86	126	86	2.67	32.25
21.40	81	121	81	2.67	30.38
21.60	94	139	94	3.00	31.33
21.80	181	213	181	2.13	84.84
22.00	126	179	126	3.53	35.66
22.20	176	225	176	3.27	53.88
22.40	206	250	206	2.93	70.23
22.60	210	285	210	5.00	42.00
22.80	208	273	208	4.33	48.00
23.00	194	260	194	4.40	44.09
23.20	197	252	197	3.67	53.73
23.40	190	256	190	4.40	43.18
23.60	186	253	186	4.47	41.64
23.80	176	245	176	4.60	38.26
24.00	165	240	165	5.00	33.00
24.20	189	257	189	4.53	41.69
24.40	200	271	200	4.73	42.25
24.60	214	290	214	5.07	42.24
24.80	250	327	250	5.13	48.70
25.00	271	323	271	3.47	78.17
25.20	212	281	212	4.60	46.09
25.40	181	237	181	3.73	48.48
25.60	172	256	172	5.60	30.71
25.80	206	282	206	5.07	40.66
26.00	214	278	214	4.27	50.16
26.20	236	310	236	4.93	47.84
26.40	233	256	233	1.53	151.96
26.60	158	248	158	6.00	26.33
26.80	162	218	162	3.73	43.39
27.00	159	228	159	4.60	34.57
27.20	180	246	180	4.40	40.91
27.40	186	250	186	4.27	43.59
27.60	184	244	184	4.00	46.00
27.80	188	257	188	4.60	40.87
28.00	185	248	185	4.20	44.05
28.20	255	276	255	1.40	182.14
28.40	214	274	214	4.00	53.50
28.60	214	276	214	4.13	51.77
28.80	212	287	212	5.00	42.40
29.00	215	291	215	5.07	42.43
29.20	191	260	191	4.60	41.52
29.40	183	250	183	4.47	40.97
29.60	167	234	167	4.47	37.39
29.80	157	208	157	3.40	46.18
30.00	145	202	145	3.80	38.16



**ALLEGATO N° 2**  
**ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE**



## PROVA P1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.38
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.59
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.88
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Baligh ed altri 1980 Nk=20	1.01

#### Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Valore medio degli autori	46.62
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Valore medio degli autori	61.85
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Valore medio degli autori	73.64
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Valore medio degli autori	63.3

#### Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Cancelli 1980	283.99
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Cancelli 1980	443.29
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Cancelli 1980	662.38
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Cancelli 1980	757.98

#### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	98.0
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Imai & Tomauchi	130.2
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Imai & Tomauchi	166.0
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Imai & Tomauchi	180.42

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	P.W.Mayne 1991	3.38
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	P.W.Mayne 1991	8.66
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	P.W.Mayne 1991	9
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	P.W.Mayne 1991	9

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Meyerhof	1.81
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Meyerhof	1.88
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Meyerhof	1.95
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Meyerhof	1.97

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	0.12	0.02
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	0.1	0.01
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	0.09	0.01

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Meyerhof	1.89
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Meyerhof	1.96
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Meyerhof	2.03
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Meyerhof	2.05

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	42.85
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	48.41
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	63.92

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Schmertmann	34.94
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Schmertmann	34.59
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Schmertmann	36.87

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Robertson & Campanella 1983	54.24
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Robertson & Campanella 1983	115.82
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Robertson & Campanella 1983	247.44

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Mitchell & Gardner 1975	54.24
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Mitchell & Gardner 1975	98.45
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Mitchell & Gardner 1975	185.58

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Imai & Tomauchi	210.33
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Imai & Tomauchi	334.35
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Imai & Tomauchi	531.67

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Stress-History	1.69
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Stress-History	1.17
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Stress-History	1.64

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Kulhawy-Mayne (1990)	0.49
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Kulhawy-Mayne (1990)	0.39
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Kulhawy-Mayne (1990)	0.48

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	0.11604	0.01509
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	0.10232	0.0133
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	0.09391	0.01221

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Meyerhof	1.9
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Meyerhof	1.8
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Meyerhof	1.8

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Meyerhof	2.2
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Meyerhof	2.1
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Meyerhof	2.1

**Permeabilità**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	1.32E-09
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Piacentini-Righi 1988	1.98E-08
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Piacentini-Righi 1988	2.18E-06
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Piacentini-Righi 1988	8.28E-06
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Piacentini-Righi 1988	1.72E-04
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Piacentini-Righi 1988	6.79E-05

**Coefficiente di consolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	2.20	7.77	0.4	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	3.079611E-05
Strato 2	3.40	27.12	0.3	0.51	0.37	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 3	6.20	12.37	0.55	0.88	0.55	Piacentini-Righi 1988	7.351275E-04
Strato 4	7.80	18.41	0.61	1.3	0.75	Piacentini-Righi 1988	0.1202237
Strato 5	9.20	21.1	0.63	1.59	0.89	Piacentini-Righi 1988	0.5243089
Strato 6	13.00	57.91	1.27	2.11	1.15	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 7	20.00	123.72	2.85	3.26	1.76	Piacentini-Righi 1988	0

**PROVA P2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.48
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.64
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.51
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.96
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Baligh ed altri 1980 Nk=20	0.71

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Valore medio degli autori	58.56
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Valore medio degli autori	65.65
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Valore medio degli autori	54.2
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Valore medio degli autori	60.06
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Valore medio degli autori	60.52

**Modulo di deformazione non drenato Eu**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Cancelli 1980	359.82
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Cancelli 1980	476.64
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Cancelli 1980	384.36
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Cancelli 1980	720.51
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Cancelli 1980	528.79

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Imai & Tomauchi	112.65
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Imai & Tomauchi	135.03
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Imai & Tomauchi	120.11
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Imai & Tomauchi	174.72
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Imai & Tomauchi	147.24

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	P.W.Mayne 1991	4.38
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	P.W.Mayne 1991	6.59
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	P.W.Mayne 1991	6.63
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	P.W.Mayne 1991	9
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	P.W.Mayne 1991	9

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Meyerhof	1.85
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Meyerhof	1.9
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Meyerhof	1.86
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Meyerhof	1.97
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Meyerhof	1.91

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	0.17	0.02
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	0.1	0.01
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	0.1	0.01

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Meyerhof	1.93
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Meyerhof	1.98
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Meyerhof	1.94
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Meyerhof	2.05
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Meyerhof	1.99

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	20.53
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	52.13
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	65.37

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Schmertmann	30.77
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Schmertmann	35.11
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Schmertmann	36.76

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Robertson & Campanella 1983	26.26
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Robertson & Campanella 1983	140.28
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Robertson & Campanella 1983	303.5

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Mitchell & Gardner 1975	26.26
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Mitchell & Gardner 1975	119.24
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Mitchell & Gardner 1975	227.62

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Imai & Tomauchi	135.03
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Imai & Tomauchi	375.87
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Imai & Tomauchi	602.32

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Stress-History	0.73
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Stress-History	1.26
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Stress-History	1.48

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Kulhawy-Mayne (1990)	0.29
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Kulhawy-Mayne (1990)	0.41
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Kulhawy-Mayne (1990)	0.45

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica Efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	0.16829	0.02188
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	0.09871	0.01283
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	0.0959	0.01247

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Meyerhof	1.8
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Meyerhof	1.8
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Meyerhof	1.8

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Meyerhof	2.1
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Meyerhof	2.1
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Meyerhof	2.1

**Permeabilità**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Piacentini-Righi 1988	1.50E-11
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Piacentini-Righi 1988	5.43E-06
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Piacentini-Righi 1988	1.74E-06
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Piacentini-Righi 1988	2.79E-06
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Piacentini-Righi 1988	7.97E-08
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Piacentini-Righi 1988	1.59E-04
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Piacentini-Righi 1988	9.64E-05

**Coefficiente di consolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1.80	9.76	0.59	0.16	0.16	Piacentini-Righi 1988	4.405823E-07
Strato 2	3.20	13.13	0.41	0.46	0.42	Piacentini-Righi 1988	0.2138115
Strato 3	5.80	10.84	0.37	0.83	0.59	Piacentini-Righi 1988	5.659878E-02
Strato 4	8.00	20.02	0.65	1.29	0.81	Piacentini-Righi 1988	0.1674565
Strato 5	10.60	15.13	0.62	1.75	1.03	Piacentini-Righi 1988	3.617046E-03
Strato 6	13.60	70.14	1.54	2.3	1.3	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 7	30.00	151.75	3.34	4.36	2.39	Piacentini-Righi 1988	0



**ALLEGATO N° 3**  
**RELAZIONE DI INDAGINE GEOFISICA (MASW)**



**COMMITTENZA**

DOTT. GEOL. FIORI ALBERTO  
Via Radici in Piano, 371  
41041 Frazione di CASINALBO - FORMIGINE (MODENA)

**TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO**

RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE PER LA DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DEI TERRENI  
DI FONDAZIONE AI SENSI DEL DM 14/01/2008

**OGGETTO DELL'ELABORATO**

## RELAZIONE DI INDAGINE GEOFISICA

### RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE

**LOCALIZZAZIONE**

ITALIA  
REGIONE: EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI MODENA  
COMUNE DI NOVI  
VIA DON GIOVANNI MINZONI ANG. VIA DEL GESU'

**CODIFICA GENERALE ELABORATO**

CODICE INTERNO	LOTTO	SETTORE DI ATTIVITA'	AREA DI PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	N. ELABORATO
<b>2799</b>	<b>0</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>REL</b>	<b>1</b>

VERSIONE	DATA	OGGETTO
<b>0</b>	<b>18/11/2010</b>	<b>1° EMISSIONE</b>

**DATI PROGETTISTA**

Dott. Geol. Giorgio Masotti  
Via di Mezzo, 90  
41058 Vignola (MO) – Italy



**PROPRIETA'**

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	3
3	NORMATIVA D.M. 14/01/2008 .....	5
4	INDAGINI IN SITO.....	7
4.1	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE .....	8
4.2	ELABORAZIONE ONDE SISMICHE – VP .....	8
4.3	VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW .....	14
4.4	MODELLO RISULTANTE RIFERITO ALLE INDAGINI EFFETTUATE.....	18
4.5	DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (D.M. 14.01.2008) .....	19

## INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 183-SE "NOVI DI MODENA" - SCALA 1:25.000 .....	3
FIGURA 2:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 183110 "NOVI DI MODENA" - SCALA 1:10.000 .....	4
FIGURA 3:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 183111 "NOVI DI MODENA" - SCALA 1:5.000 .....	4
FIGURA 4:	IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO.....	5
FIGURA 5:	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE EFFETTUATE SU IMMAGINE SATELLITARE .....	7
FIGURA 6:	ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE .....	10
FIGURA 7:	TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO.....	10
FIGURA 8:	TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO .....	11
FIGURA 9:	TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE.....	11
FIGURA 10:	TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO .....	12
FIGURA 11:	TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO .....	12
FIGURA 12:	SEZIONE INTERPRETATIVA.....	13
FIGURA 13:	ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE .....	14
FIGURA 14:	ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA.....	15
FIGURA 15:	ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE.....	15
FIGURA 16:	ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE .....	16
FIGURA 17:	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA LINEA SISMICA EFFETTUATA.....	17



Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 183110 "NOVI DI MODENA" - SCALA 1:10.000

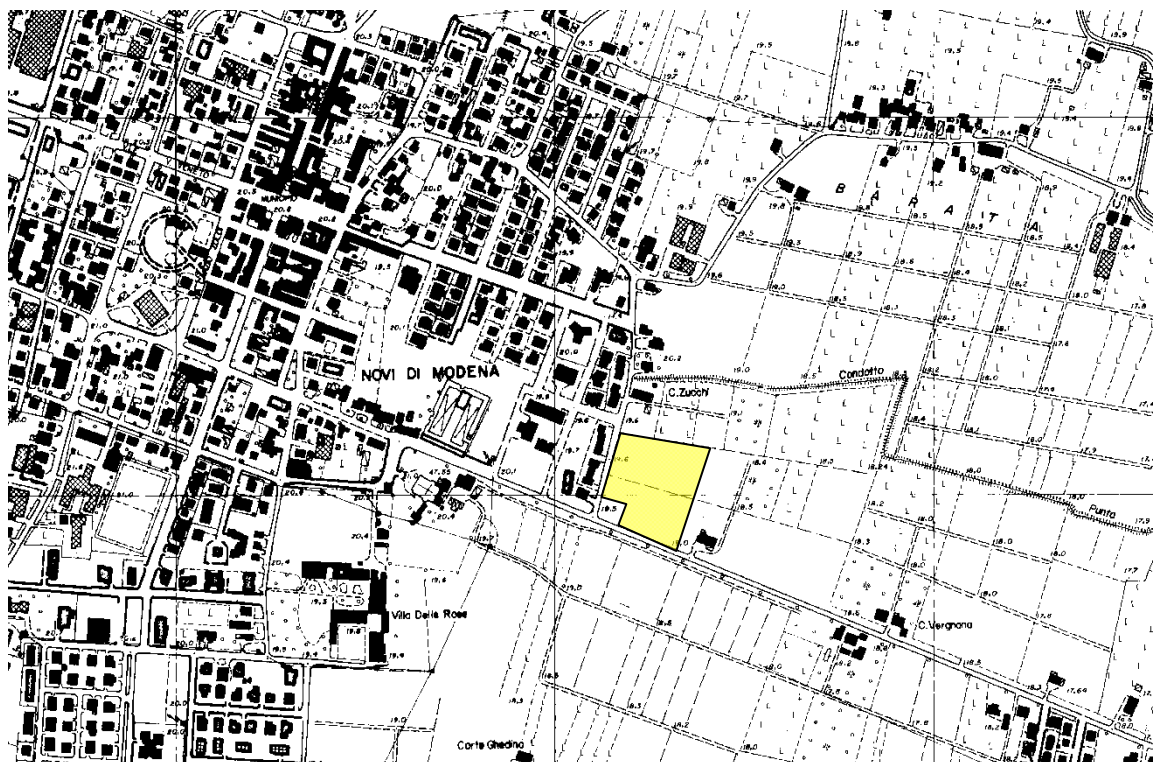


Figura 3: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 183111 "NOVI DI MODENA" - SCALA 1:5.000

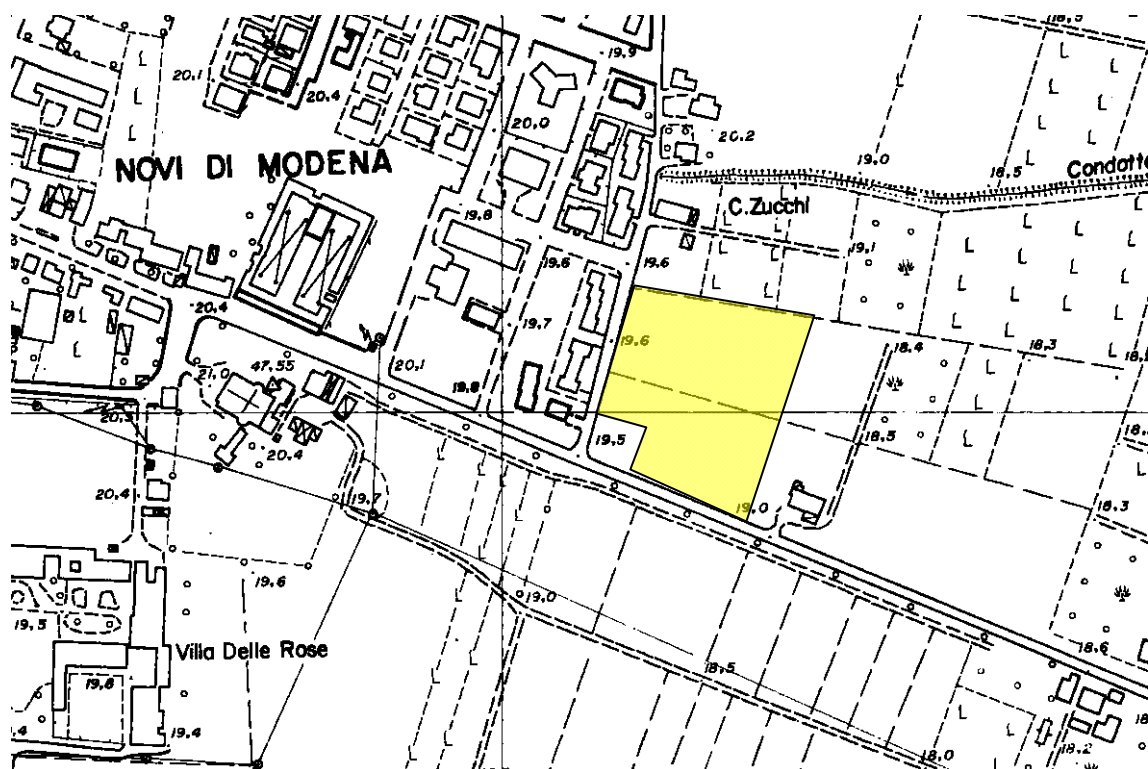


Figura 4: IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO



### 3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008

Le norme tecniche per le costruzioni contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normative tecniche. Il numero di zone sismiche è fissato pari a 4, corrispondenti ai quattro valori di accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Il D.M. del 14.01.2008 prescrive che le azioni sismiche su ciascuna struttura sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$ , ricavato moltiplicando la vita nominale dell'opera  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ , definito al variare della classe d'uso dell'opera stessa.

La presente normativa stabilisce che gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso. Gli stati limite di esercizio sono lo Stato Limite di Operatività (SLO) e lo Stato Limite di Danno (SLD), mentre gli stati limite ultimi sono lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e lo Stato Limite di Collasso (SLC).

Il D.M. 14.01.2008 stabilisce che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulle categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche del sito.

Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$  entro i primi 30 m di profondità. Nei casi in cui tale determinazione non sia possibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test)  $N_{SPT,30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

la resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$  è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

la resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove  $h_i$ ,  $V_{s,i}$ ,  $N_{SPT,i}$  e  $c_{u,i}$  sono rispettivamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio  $V_s$ , il numero di colpi  $N_{SPT}$  e la resistenza non drenata  $c_u$  nell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

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

La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 100$ 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.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

## 4 INDAGINI IN SITO

Al fine di caratterizzare i terreni interessati dalle opere di progetto sono stati effettuati i sotto riportati approfondimenti:

nr. 1 allineamento sismico a rifrazione

Figura 5: UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE EFFETTUATE SU IMMAGINE SATELLITARE



#### 4.1 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere di progetto, in data 15/11/2010 è stata eseguita nr. 1 base sismica a rifrazione con sistema di acquisizione a 24 canali.

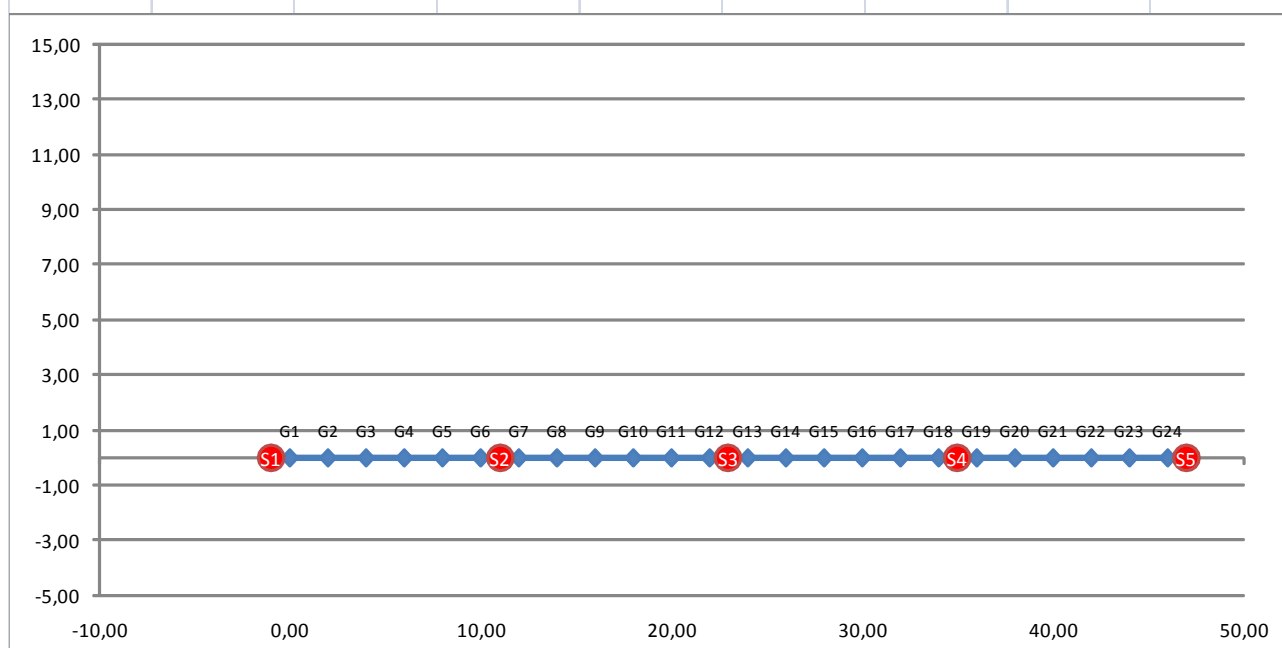
Si riporta di seguito l'elaborazione condotta e le caratteristiche dello stendimento sismico effettuato.

#### 4.2 ELABORAZIONE ONDE SISMICHE - VP

<b>Strumentazione geofisica utilizzata</b>	PASI mod. 16S24 - s/n 06031086
<b>Sistema di comunicazione a trasmissione del "Tempo zero"</b>	Geofono trigger - 10 Hz
<b>Lunghezza linea sismica</b>	46 m
<b>Interasse geofoni</b>	2 m
<b>Numero punti di energizzazione</b>	5
<b>Numero di trasduttori velocimetrici</b>	24

Riferimento	Files Dati	Campionamento		Risoluzione	Tipologia Geofoni		Note
		Durata	Frequenza		Frequenza	Asse	
1	NO1.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
2	NO67.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
3	NO1213.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
4	NO1819.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
5	NO24.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	

Coordinate di energizzazione					Metodo di Energizzazione
Sparo	Quota [m]	X [m]	Y [m]	Profondità [m]	
1	0,00	-1,00	0,00	0,00	Mazza battente da Kg. 9 su piastra di alluminio
2	0,00	11,00	0,00	0,00	Mazza battente da Kg. 9 su piastra di alluminio
3	0,00	23,00	0,00	0,00	Mazza battente da Kg. 9 su piastra di alluminio
4	0,00	35,00	0,00	0,00	Mazza battente da Kg. 9 su piastra di alluminio
5	0,00	47,00	0,00	0,00	Mazza battente da Kg. 9 su piastra di alluminio



Tempi di Arrivo Geofoni								
Geofono	Quota	X	Y	S1	S2	S3	S4	S5
	[m]	[m]	[m]	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]
1	0,00	0,00	0,00	4,21	26,34	43,29	48,05	55,13
2	0,00	2,00	0,00	8,34	20,89	41,69	47,24	54,15
3	0,00	4,00	0,00	12,55	16,50	40,25	46,43	52,69
4	0,00	6,00	0,00	21,75	11,68	37,51	45,04	51,97
5	0,00	8,00	0,00	24,63	8,56	34,77	44,16	50,92
6	0,00	10,00	0,00	28,63	4,21	32,70	43,10	50,22
7	0,00	12,00	0,00	30,50	4,21	29,14	41,08	47,67
8	0,00	14,00	0,00	33,35	8,31	23,45	39,41	46,09
9	0,00	16,00	0,00	36,20	11,59	18,74	37,75	44,16
10	0,00	18,00	0,00	38,38	17,12	14,22	36,08	42,75
11	0,00	20,00	0,00	40,38	21,33	9,88	33,95	41,96
12	0,00	22,00	0,00	42,30	27,48	4,61	31,67	41,70
13	0,00	24,00	0,00	43,64	31,78	4,50	28,53	40,12
14	0,00	26,00	0,00	44,98	36,61	10,63	25,72	39,07
15	0,00	28,00	0,00	46,32	38,77	15,75	22,12	37,49
16	0,00	30,00	0,00	47,66	40,61	20,77	16,07	35,12
17	0,00	32,00	0,00	49,00	42,45	25,44	13,87	33,54
18	0,00	34,00	0,00	50,04	43,72	30,11	5,71	31,60
19	0,00	36,00	0,00	51,44	45,75	32,75	5,44	30,02
20	0,00	38,00	0,00	52,71	47,67	34,24	10,13	24,88
21	0,00	40,00	0,00	53,97	49,34	38,19	15,31	19,88
22	0,00	42,00	0,00	54,61	49,87	40,65	20,13	16,24
23	0,00	44,00	0,00	55,08	50,74	42,14	28,53	11,68
24	0,00	46,00	0,00	55,78	51,62	44,16	31,60	4,50

Profondità Sismostrati						Velocità Sismostrati	
Geofono	X	Strato 2	Strato 3	Strato 4	Strato 5	Strato	[m/s]
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]		
1	0,00	2,88	9,97	0,00	0,00	1	315
2	2,00	3,05	9,88	0,00	0,00	2	1103
3	4,00	3,42	9,88	0,00	0,00	3	1851
4	6,00	3,36	9,74	0,00	0,00	4	
5	8,00	3,32	9,77	0,00	0,00	5	
6	10,00	3,30	9,83	0,00	0,00		
7	12,00	3,23	9,91	0,00	0,00		
8	14,00	3,28	10,06	0,00	0,00		
9	16,00	3,37	10,06	0,00	0,00		
10	18,00	3,47	10,26	0,00	0,00		
11	20,00	3,57	10,26	0,00	0,00		
12	22,00	3,63	10,47	0,00	0,00		
13	24,00	3,69	10,47	0,00	0,00		
14	26,00	3,78	10,61	0,00	0,00		
15	28,00	3,83	10,70	0,00	0,00		
16	30,00	3,89	10,70	0,00	0,00		
17	32,00	3,95	10,76	0,00	0,00		
18	34,00	3,92	10,93	0,00	0,00		
19	36,00	3,92	11,16	0,00	0,00		
20	38,00	3,81	11,16	0,00	0,00		
21	40,00	3,76	10,96	0,00	0,00		
22	42,00	3,83	10,68	0,00	0,00		
23	44,00	3,84	10,43	0,00	0,00		
24	46,00	3,84	10,22	0,00	0,00		

Figura 6: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE

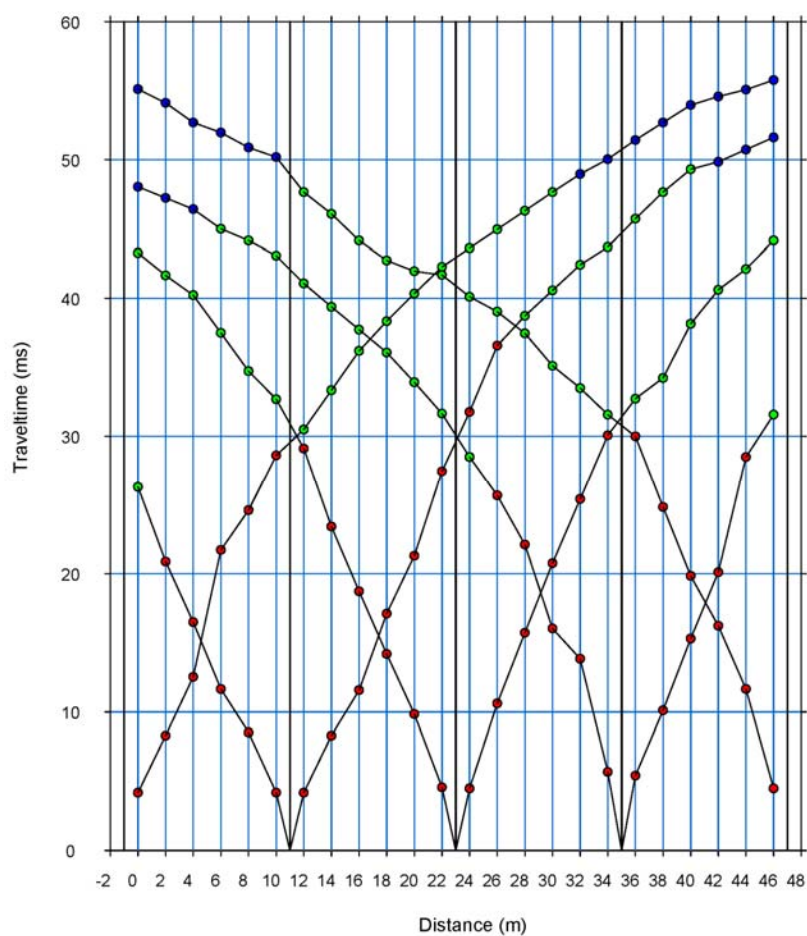


Figura 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO

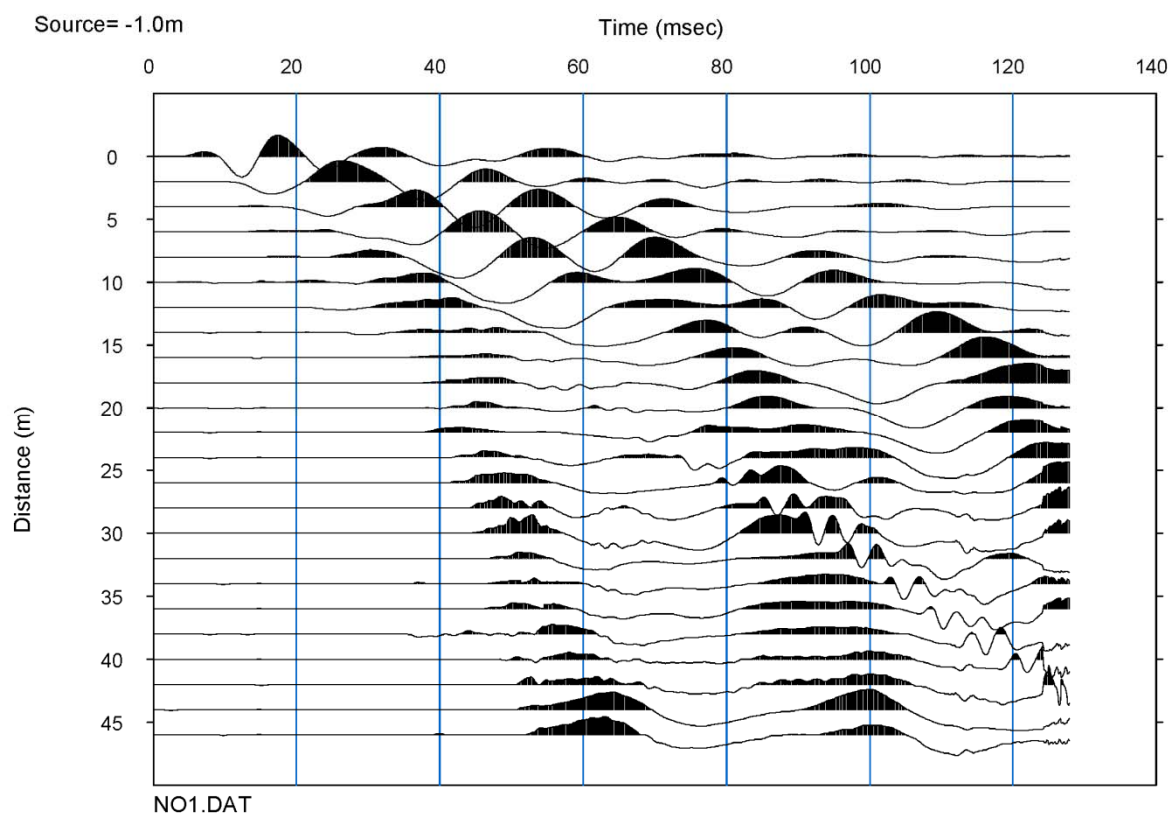


Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO

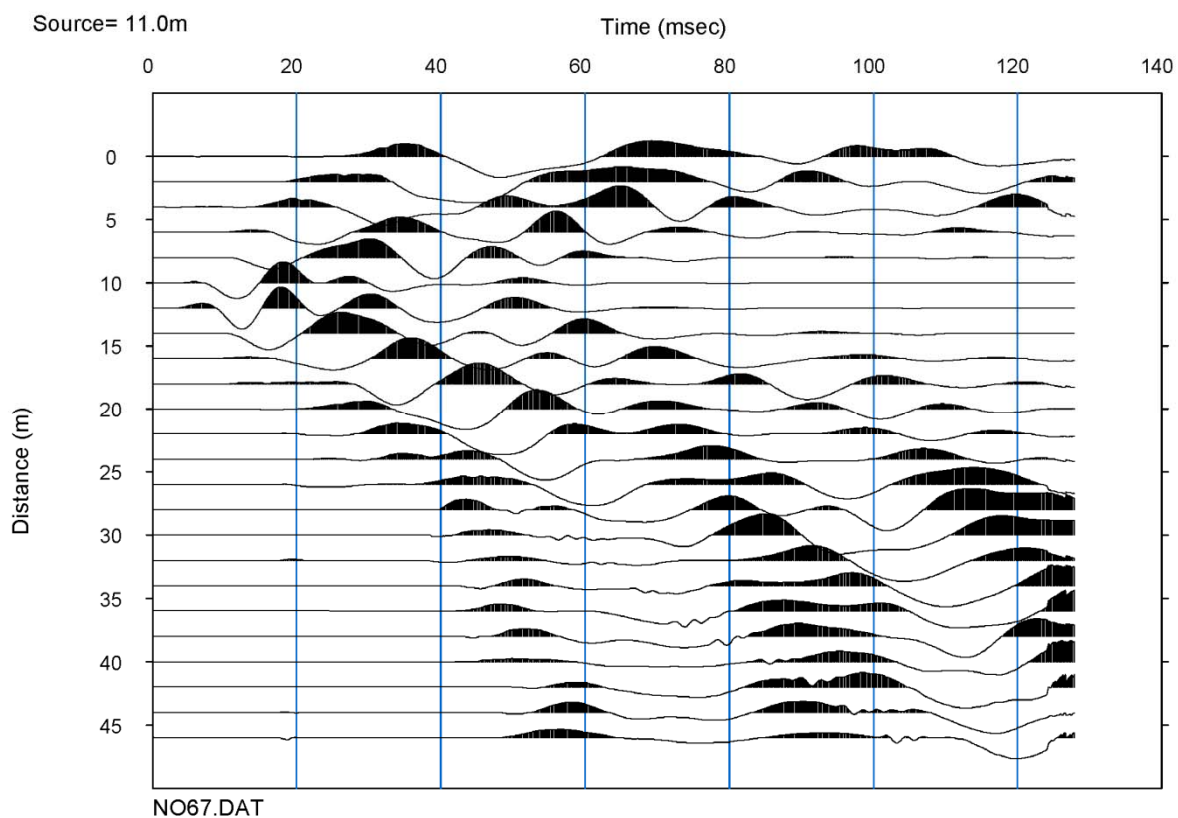


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE

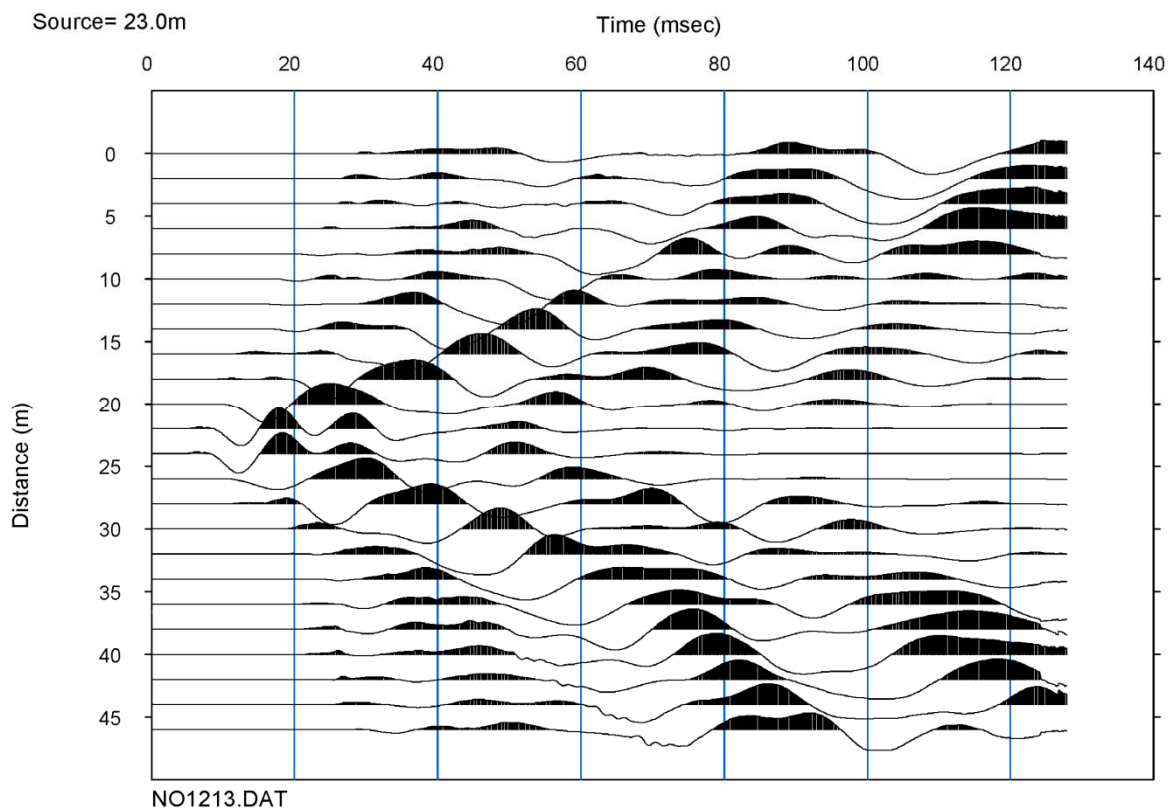


Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO

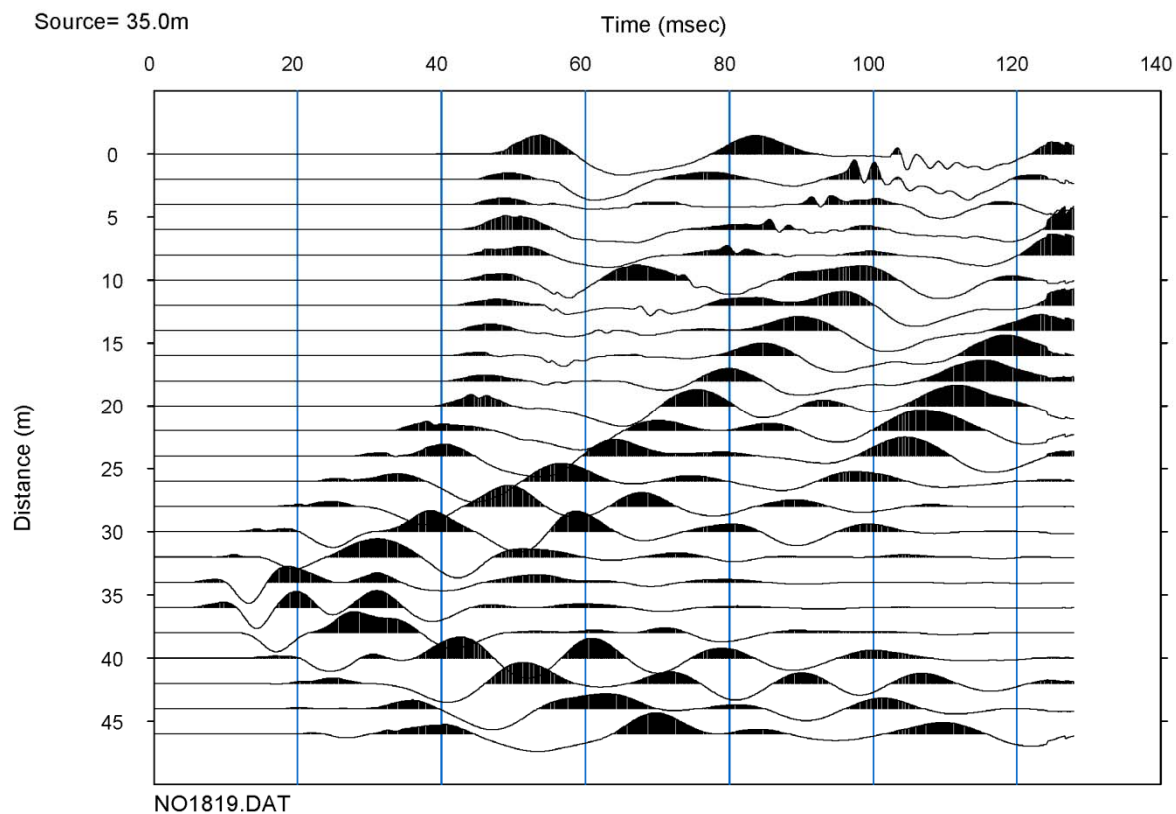


Figura 11: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO

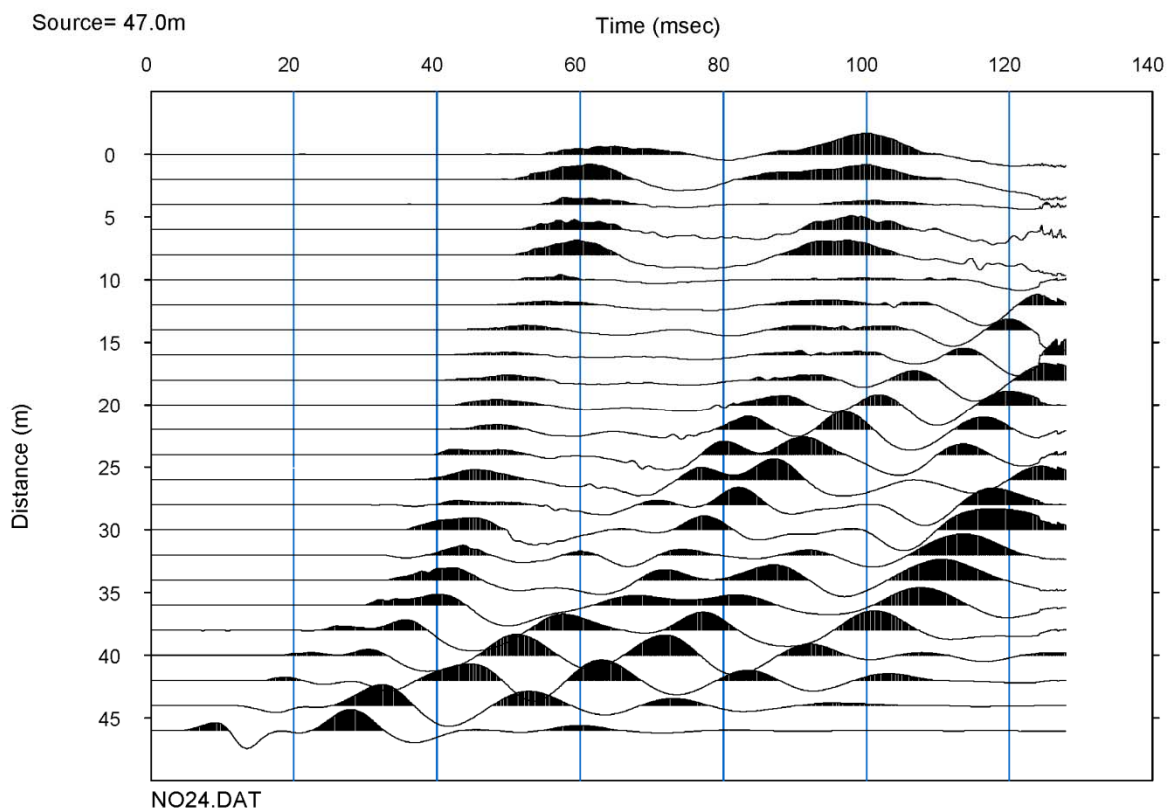
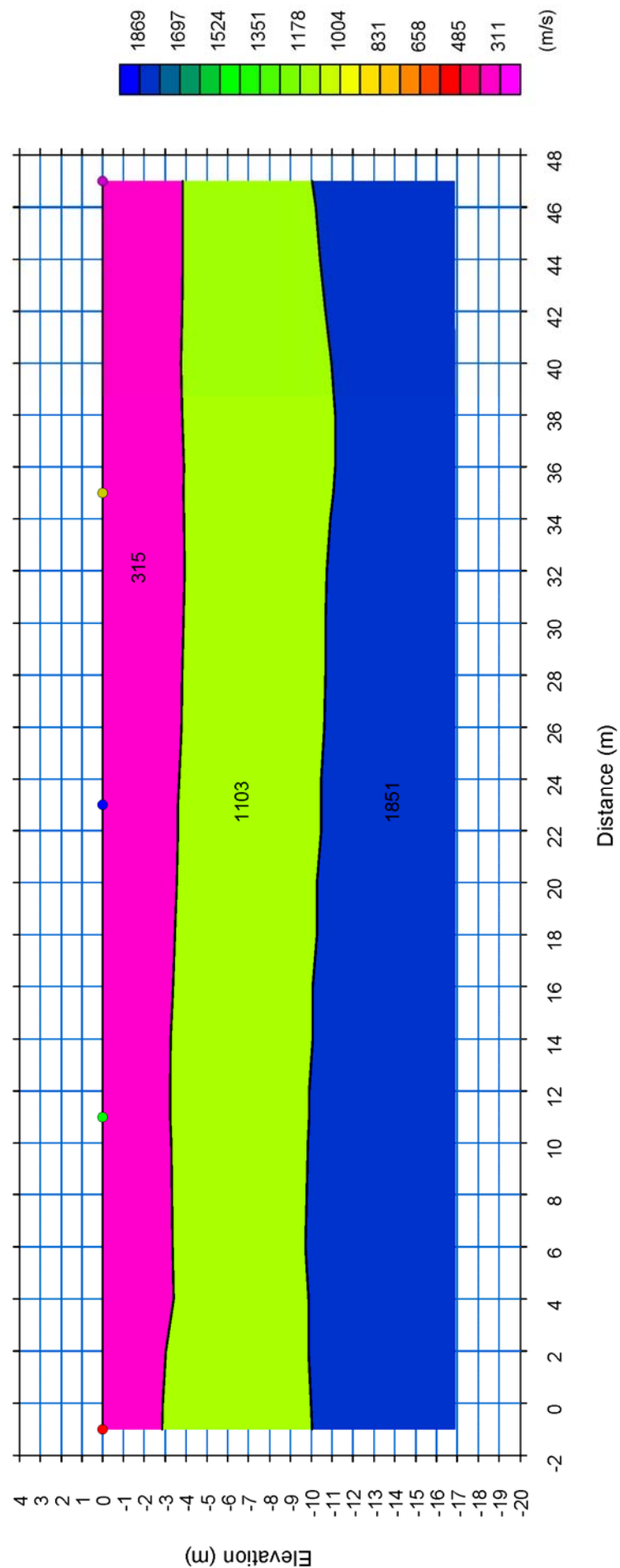


Figura 12: SEZIONE INTERPRETATIVA



### 4.3 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW

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

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio  $\omega$ -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione.

Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve. Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve sperimentale e teorica.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 1,00 dal geofono nr. 24 in posizione di sparo estremo destro rispetto alla base sismica.

Figura 13: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE

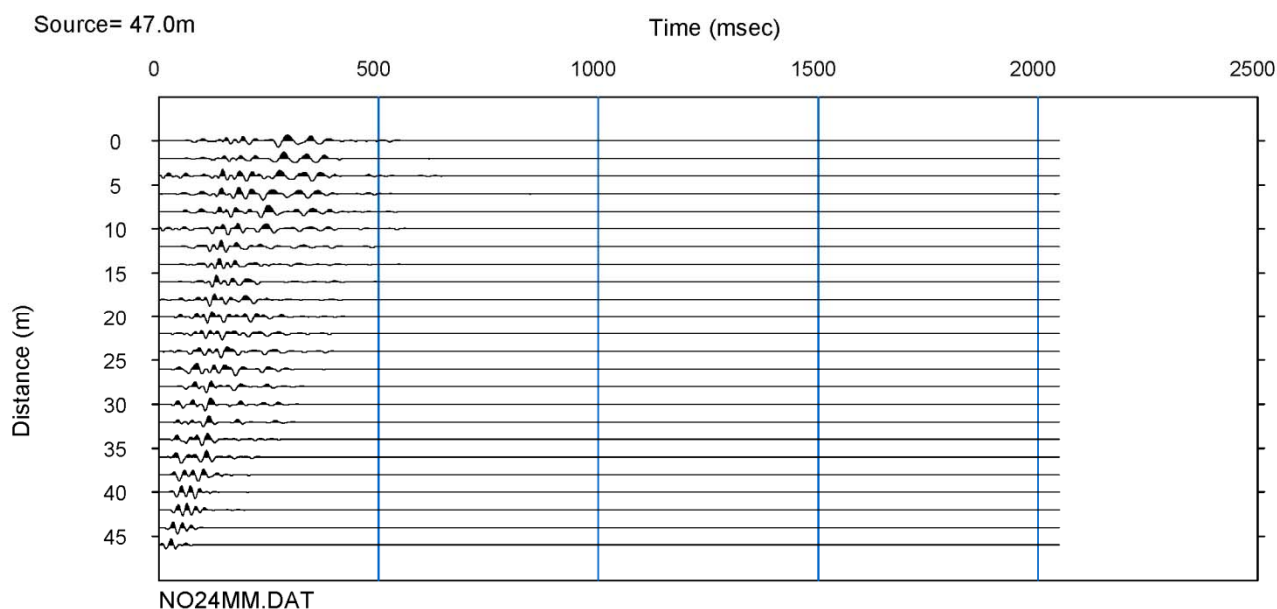


Figura 14: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA

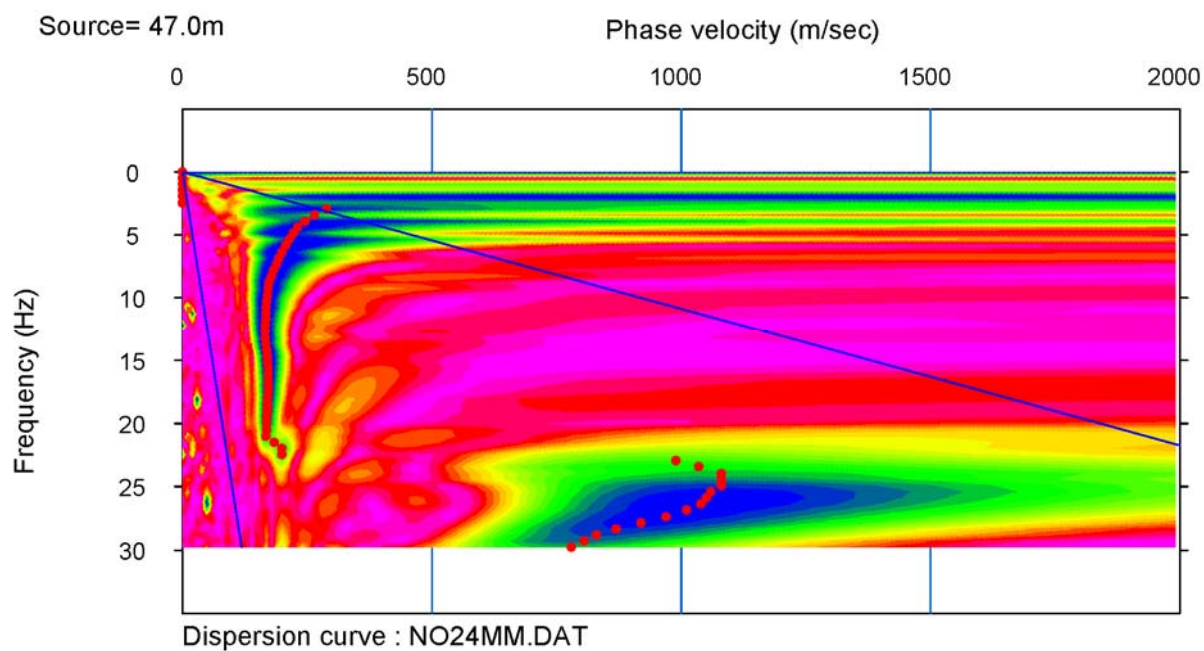


Figura 15: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE

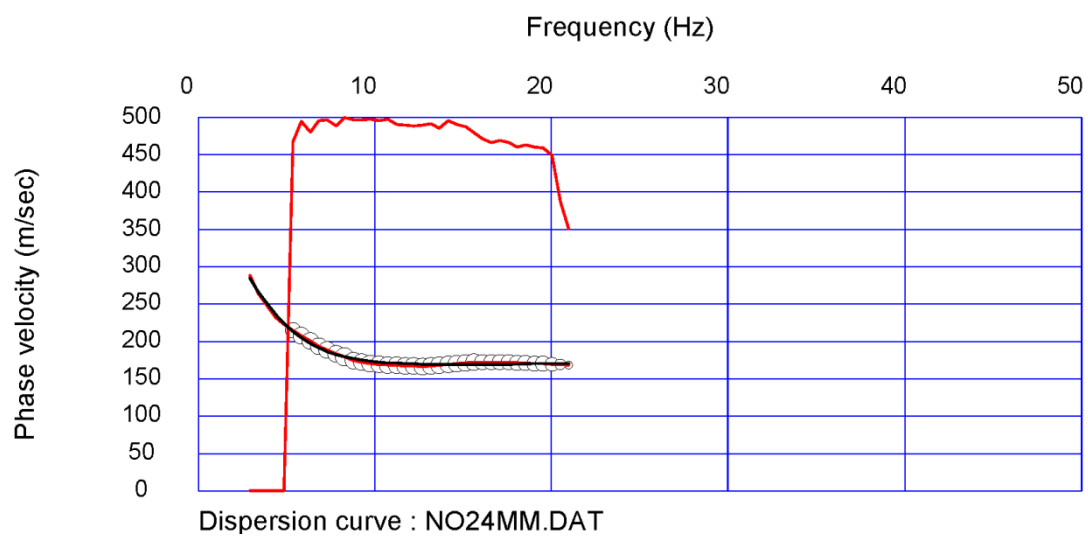


Figura 16: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

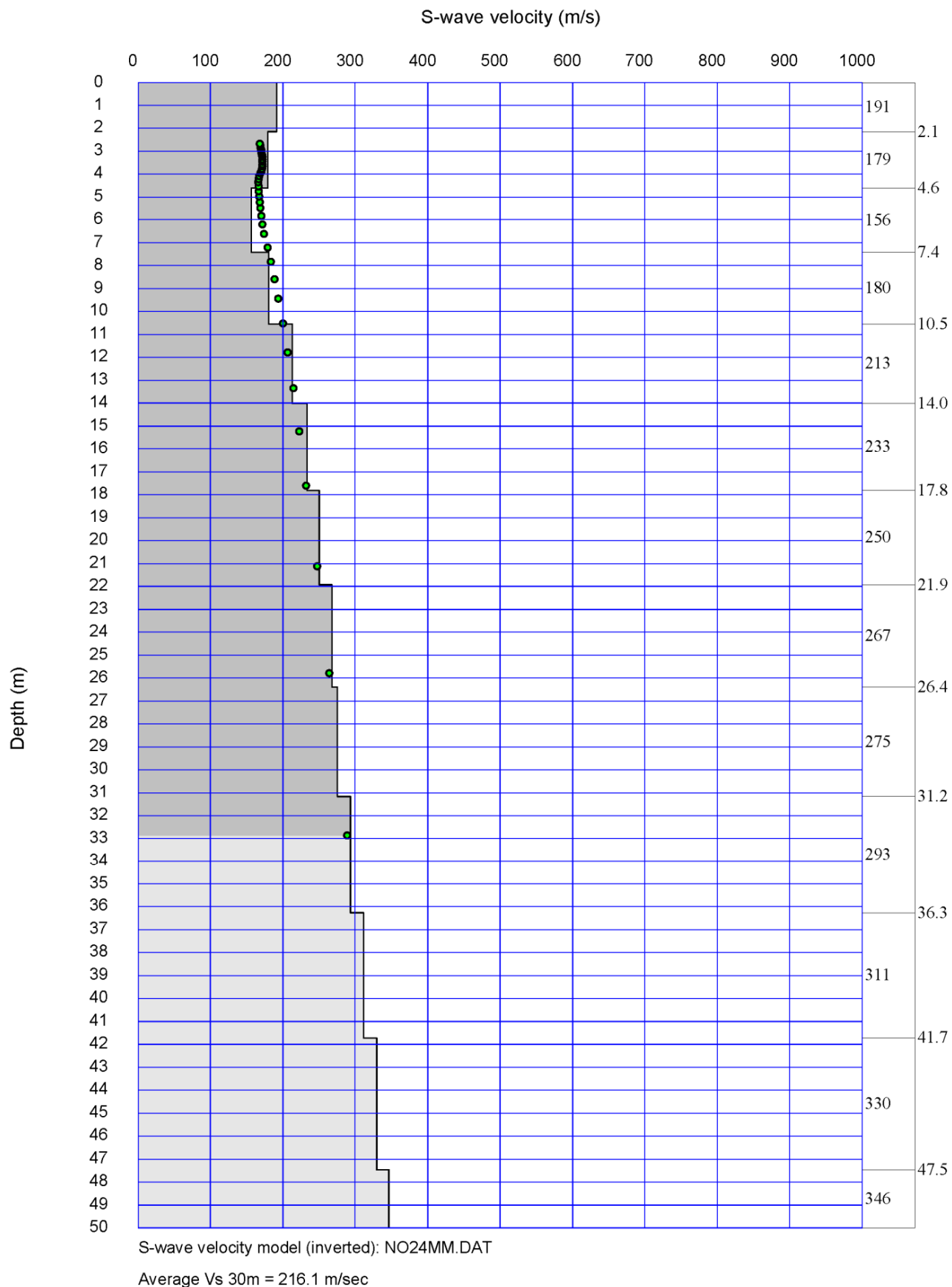


Figura 17: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA LINEA SISMICA EFFETTUATA



#### 4.4 MODELLO RISULTANTE RIFERITO ALLE INDAGINI EFFETTUATE

- ONDE Vp

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alle sezioni interpretative allegate in precedenza.

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con  $V_{p(media)}$  rispettivamente pari a 315 m/s, 1103 m/s e 1851 m/s.

- ONDE Vs

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali ( $V_s$ ) fino a una profondità di circa 32,80 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde Vs da elaborazione MASW			
Strato	Base strato [m]	Spessore strato [m]	VS [m/s]
h1	-2,14	2,14	192
h2	-4,62	2,47	180
h3	-7,42	2,80	156
h4	-10,55	3,13	181
h5	-14,01	3,46	214
h6	-17,80	3,79	234
h7	-21,92	4,12	251
h8	-26,37	4,45	268
h9	-31,15	4,78	275
h10	-36,26	5,11	293
h11	-41,70	5,44	312
h12	-47,47	5,77	330
h13	-53,57	6,10	346
h14	-72,86	19,29	360

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1,201092%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=16.666342 m/s (8.230778%)	Iteration=1 RMS=13.592066 m/s (6.640350%)
Iteration=2 RMS=11.137666 m/s (5.357496%)	Iteration=3 RMS=9.187568 m/s (4.324320%)
Iteration=4 RMS=7.648680 m/s (3.492639%)	Iteration=5 RMS=6.440107 m/s (2.824446%)
Iteration=6 RMS=5.501244 m/s (2.350437%)	Iteration=7 RMS=4.778515 m/s (2.006078%)
Iteration=8 RMS=4.227156 m/s (1.754135%)	Iteration=9 RMS=3.809189 m/s (1.575421%)
Iteration=10 RMS=3.493492 m/s (1.458795%)	Iteration=11 RMS=3.254833 m/s (1.398680%)
Iteration=12 RMS=3.072770 m/s (1.353803%)	Iteration=13 RMS=2.931908 m/s (1.323947%)
Iteration=14 RMS=2.820590 m/s (1.299948%)	Iteration=15 RMS=2.730740 m/s (1.277612%)
Iteration=16 RMS=2.655855 m/s (1.256810%)	Iteration=17 RMS=2.592073 m/s (1.237210%)
Iteration=18 RMS=2.536064 m/s (1.218697%)	Iteration=19 RMS=2.485884 m/s (1.201092%)

#### 4.5 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (D.M. 14.01.2008)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ( $V_{s,30}$ ) può essere considerato come segue:

<b>Calcolo <math>V_{s,30}</math> ottenuto dall'elaborazione MASW</b>				
<b>Strato</b>	<b>Quota da [m]</b>	<b><math>h_i</math> [m]</b>	<b><math>V_{s,i}</math> [m/s]</b>	<b><math>h_i / V_{s,i}</math> [s]</b>
h1	-2,14	2,14	192	0,01116
h2	-4,62	2,48	180	0,01381
h3	-7,42	2,80	156	0,01790
h4	-10,55	3,13	181	0,01731
h5	-14,01	3,46	214	0,01618
h6	-17,80	3,79	234	0,01620
h7	-21,92	4,12	251	0,01644
h8	-26,37	4,45	268	0,01661
h9	-30,00	3,63	275	0,01319
h10	-30,00	0,00	0	0,00000
h11	-30,00	0,00	0	0,00000
h12	-30,00	0,00	0	0,00000
h13	-30,00	0,00	0	0,00000
h14	-30,00	0,00	0	0,00000
		<b><math>V_{s,30}</math></b>	<b>216</b>	<b>[m/s]</b>

In base al valore di  $V_{s,30}$  si può considerare l'area in esame di tipo C:

Sulla base dell'effettiva profondità di posa delle fondazioni si riporta di seguito la classificazione dei terreni in base alla normativa sismica vigente:

<b>Categoria di sottosuolo alla quota di posa delle fondazioni</b>		
<b>Quota di posa delle fondazioni</b>	<b><math>V_{s,30}</math></b>	<b>Categoria di Sottosuolo</b>
Fondazioni posate ad una quota pari a 00.00 da p.c.	216	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 00.50 da p.c.	217	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 01.00 da p.c.	219	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 01.50 da p.c.	220	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 02.00 da p.c.	221	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 02.50 da p.c.	223	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 03.00 da p.c.	225	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 03.50 da p.c.	227	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 04.00 da p.c.	229	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 04.50 da p.c.	231	TIPO C
Fondazioni posate ad una quota pari a - 05.00 da p.c.	233	TIPO C

Vignola, 18/11/2010



Dott. Geol. Giorgio Masotti