

oggetto

PROVINCIA DI MODENA - COMUNE DI SAN CESARIO S.P.

**PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA
DENOMINATO "COMPARTO ALBERTINI"
Comune di San Cesario S.P. - Centro Capoluogo**

STRADA PROVINCIALE 14 - VIA DELLE FOSSE - VIA DELLE PIOPPE

20

tavola

elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

scala

Albertini Antonio

Sola Graziella

Costanzini Maria

Sola Marco

F4 COSTRUZIONI srl

Sola Sergio

Clo' Enzo

Sola Maurizio

Morselli Carla

Sola Mauro

Vignudelli Anna

Ing.MONTORSI MARCO

Geom.LORENZONI LORENZO

Ing.LORENZONI ENRICO

via delle Radici 309
41043 Formigine MO
tel.059 571994 fax 059 5750257
info@montorsiprogetti.it

P.zza Caduti della Liberta' 14
41057 Spilamberto MO
tel.059 782500 fax 059 785170
info@studiolorenzoni.com

P.zza Caduti della Liberta' 14
41057 Spilamberto MO
tel.059 782500 fax 059 785170
enrico@studiolorenzoni.com

REV. n.	DATA	REDATTO	DESCRIZIONE

OGNI ELABORATO E' DA RITENERSI DI ESCLUSIVA PROPRIETA' DELLO STUDIO DI PROGETTAZIONE, QUALSIASI RIPRODUZIONE E' SOGGETTA AD AUTORIZZAZIONE PREVENTIVA, OGNI MODIFICA MANUALE E' DA CONSIDERARSI NON VALIDA AI FINI PROGETTUALI

MODENA, 03/04/2014

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA INERENTE UN
APPEZZAMENTO DI TERRENO SITO IN COMUNE DI SAN CESARIO
SUL PANARO INETERSSATO DA UN PROGETTO DI PIANO
PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATO
COMPARTO ALBERTINI

INDICE

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE
2. INDAGINI ESEGUITE, RISULTATI OTTENUTI E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO
3. CLASSIFICAZIONE SISMICA AI SENSI DELLE NTC2008
4. MICROZONAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DAL 112/2007 DELLA RER
5. FATTIBILITÀ DEL PROGETTO PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA PROPOSTO
6. CONCLUSIONI

ALLEGATI

1. Corografia
2. Ubicazione area e prove penetrometriche
3. Carta degli effetti attesi del PTCP
4. Diagrammi penetrometrici
5. Tabulati di calcolo
6. Rapporto tecnico indagine geofisica

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Su incarico e d'intesa con i Tecnici Progettisti incaricati dalla Proprietà, il sottoscritto Dott. Rino Guadagnini, geologo libero professionista regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il n° 192, ha provveduto ad eseguire uno studio geologico-geotecnico e sismico di un appezzamento di terreno sito in Comune di San Cesario sul Panaro, che è interessato da un progetto di piano particolareggiato di iniziativa privata denominato Comparto "Albertini".

Scopo dello studio, in questa fase progettuale, è stato quello di valutare e verificare le caratteristiche litostratigrafiche geotecniche e sismiche dei terreni presenti nel sottosuolo, in modo da permettere ai Tecnici Progettisti una corretta progettazione dell'intervento urbanistico che si intende realizzare e che prevede la costruzione di una trentina di edifici di civile abitazione, oltre alla realizzazione delle opere di urbanizzazione.

Il comparto era stato oggetto nel 2006 di uno studio di fattibilità geologico-geotecnica che era stato espletato mediante esecuzione di n. 3 prove penetrometriche e di un'indagine sismica.

Essendo nel frattempo entrate in vigore nuove normative si è, quindi, resa necessaria la redazione di una nuova relazione ampliando l'indagine mediante esecuzione di ulteriori 5 prove penetrometriche, al fine di "coprire" in maniera più consona l'intera area, mentre per la caratterizzazione sismica dell'area

(approfondimento di 2° livello) si è utilizzata l'indagine sismica già eseguita.

L'area di interesse, attualmente coltivata, è situata, come anticipato, in Comune di San Cesario sul Panaro, alla periferia sud del centro abitato, lungo il prolungamento di Viale Vittorio Veneto, che attraversa il centro abitato, nella fascia adiacente alla Strada per Spilamberto (S.P. n. 14) ed è delimitata a sud da Via Pioppe, mentre a nord ed ad ovest è delimitata da altre costruzioni.

Da un punto di vista morfologico la zona è sub-pianeggiante ed essendo posta ad una quota di circa $56 \div 57$ m s.l.m. si colloca nella fascia di alta pianura modenese, ubicata in destra idrografica del Fiume Panaro.

Morfologicamente il piano campagna risulta dotato di una certa convessità a grande scala, tipico delle zone di alta pianura, con una leggera pendenza prevalente in direzione NNE dell'ordine dello 0.5 %.

Il territorio, dominato dalla presenza del corso del Fiume Panaro in questo tratto non arginato e con greto ghiaioso, è caratterizzato da una buona regolarità planimetrica e ad andamento morfologico semplice mosso soltanto nel settore occidentale dal fiume medesimo, oltre che dai dossi ad esso connessi.

L'esame generale della morfologia e delle condizioni statiche dei fabbricati presenti al contorno, porta a ritenere in buone condizioni di stabilità l'area d'interesse rendendo pertanto possibile uno sviluppo edilizio senza particolari problemi.

Da un punto di vista geologico generale l'area si colloca nella parte centro-meridionale del grande bacino subsidente Plio-

quaternario Padano e, più in particolare, nel settore Appenninico in diretta influenza del Fiume Po e dei suoi affluenti di destra.

I depositi di origine fluviale a granulometria generalmente grossolana poggiano sulle sottostanti formazioni sedimentarie di ambiente prevalentemente marino, che risultano affioranti nelle incisioni del corso d'acqua e sui rilievi collinari.

Attualmente il Panaro si trova in una fase fortemente erosiva, con conseguente incisione sia delle proprie alluvioni recenti che del substrato sottostante in relazione alla spiccata erosione laterale e di fondo, come testimoniato dalla presenza, a diverse altezze lungo l'alveo fluviale, di barre e imponenti pareti pseudo - verticali costituite da sedimenti argillosi e sabbiosi pliocenici o marnoso-siltosi pleistocenici.

L'origine dei sedimenti alluvionali è pertanto da imputarsi alle deposizioni sia antiche che recenti del Fiume Panaro, che costituisce un elemento di indubbia importanza morfogenetica all'interno del territorio in esame, e secondariamente dei corsi minori.

Si assiste allo sviluppo di imponenti strutture terrazzate, derivate da ciclici processi di sedimentazione ed erosione, attualmente ubicate ad una quota più alta rispetto all'alveo fluviale in quanto nuovamente incise che sono sede, fin dal passato, dei principali insediamenti urbani ed industriali, essendo caratterizzate da pendenze complessivamente basse e da litologie prevalentemente ghiaiose.

I terrazzi più antichi (pleistocenici), depositi dal Panaro e successivamente incisi dai torrenti minori, sono caratterizzati dalla presenza di terreni ghiaiosi passanti verso l'alto a sedimenti granulometricamente più fini con a tetto un suolo.

I cosiddetti terrazzi "recenti" (olocenici), la cui genesi è legata alla deposizione e successiva erosione del F. Panaro stesso, sono costituiti da litotipi a granulometria grossolana pari alle sabbie ed alle ghiaie.

Il territorio in esame corrisponde al settore destro dell'ampio conoide che il Panaro ha formato al suo sbocco in pianura presso Vignola, a partire dal Pleistocene medio - superiore, alla chiusura del ciclo marino Pliocenico-Calabriano e dopo il sollevamento definitivo della catena Appenninica.

Tale conoide, sia in superficie che nel sottosuolo, è caratterizzata dalla presenza di ghiaie sabbiose in alternanza a depositi più fini costituiti da argille e limi con i relativi termini intermedi che poggiano su un substrato marino prevalentemente argilloso, con rare intercalazioni ciottoloso - sabbiose o più spesso conglomeratiche di età Plio-pleistocenica, che dal margine collinare si approfondisce sino a raggiungere i 180 metri circa in prossimità di Spilamberto.

Si tratta di sedimenti molto permeabili che costituiscono un sistema acquifero del tipo monostrato nella parte più vicina all'apice con falda libera estesa ed in connessione idraulica con i corsi d'acqua che solo procedendo verso nord passa a condizioni compartimentate con falda in pressione a causa della presenza di

interstratificazioni limoso - argillose scarsamente permeabili all'interno del complesso ghiaioso.

L'andamento delle isopieze indica un deflusso idrico generale verso NNE, con condizioni di falda a pelo libero dall'apice del conoide sino all'altezza di S. Cesario-Castelfranco Emilia e condizioni di falda in pressione procedendo più a valle.

Come si evince dall'esame della "Carta geologica del margine appenninico e dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro", la zona indagata ricade all'interno della cosiddetta "Unità dei corsi d'acqua principali" (4b), rappresentata da terreni ghiaiosi e sabbiosi dei conoidi pedemontane dei Fiumi Secchia e Panaro, con a tetto suoli alluvionali poco evoluti (Età: Neolitico-Romano).

Nell'area d'interesse le caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni sono naturalmente da ricollegarsi all'evoluzione paleoidrografica del Fiume Panaro che nella parte di pianura medio - alta, che a partire dai rilievi collinari si estende circa fino alla Località S. Anna, scorre al di sopra di un ampio ventaglio di depositi grossolani (ghiaie e sabbie) e, attraverso l'infiltrazione di subalveo, alimenta le falde freatiche.

Da un punto di vista litostratigrafico si rinvencono sedimenti prevalentemente coesivi fini in affioramento cui si intercalano potenti orizzonti di materiali granulari grossolani che soltanto a sud di Spilamberto tendono a costituire una bancata indifferenziata, mentre verso nord si ritrovano suddivisi in più strati separati da setti limo-argillosi dall'andamento irregolare e spesso anastomizzati fra loro, lo spessore del quale aumenta quindi da sud verso nord parallelamente alla progressiva sostituzione delle ghiaie.

In particolare nella zona d'intervento, al di sotto di una modesta coltre superficiale di natura argillosa il substrato, rappresentato da una potente bancata di ghiaie molto addensate in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa costituite per lo più da calcari micritici dei Flysch eocenici e cretacei, da calcareniti mioceniche e, in misura minore, da arenarie di vario tipo e rari ciottoli di rocce ofiolitiche, si attesta intorno ai -5.0 m di profondità dall'attuale p.c.

Così come si evince dall'esame delle litostratigrafie dei pozzi acquedottistici presenti nell'immediato contorno dell'area d'interesse, i depositi ghiaiosi ad elevati valori di resistenza costituiscono un orizzonte continuo di spessore geotecnicamente e idrogeologicamente significativo, potente quasi 60 m e contenente una falda acquifera a pelo libero il cui livello statico si attesta a quote dell'ordine dei 15 m dal piano campagna e non verrà pertanto interessata dagli interrati in previsione, pur considerando un'escursione che, in anni particolari, può anche raggiungere i 5 m.

Si evidenzia a tale proposito che al termine dell'esecuzione delle prove penetrometriche nei fori di sondaggio, spinti sino a -6.0 m dal p.c., non si è rilevata presenza di acqua.

Tra le quote di -60 ÷ 150 m circa i livelli ghiaioso - sabbiosi intercalati ai limi argillosi assumono minor frequenza e spessore divenendo sempre più rari nella successione e meno spessi con la profondità, così come decrescono i valori di permeabilità e del potere di immagazzinamento dell'acquifero, discretamente elevati nello strato superficiale.

Per quanto riguarda l'idrografia di superficie, oltre al Fiume Panaro la rete comprende pochi canali principali ed un reticolo di

fossati ad uso irriguo e di scolo presenti nelle zone coltivate atti alla raccolta e smaltimento delle acque di scorrimento superficiali che, complessivamente, creano buone condizioni di deflusso.

L'elemento idrologico di maggior rilievo, al quale è collegata la rete drenante superficiale, è rappresentato dal Canal Torbido che corre in direzione NNW-SSE lungo la strada oltre il confine orientale del comparto, che attraversava prima di essere interrato e deviato.

All'atto dell'indagine non si sono riscontrati problemi di ristagno idrico delle acque di precipitazione, non rilevandosi forme chiuse o depresse che rendendo difficoltoso il drenaggio superficiale potrebbero provocare un peggioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni superficiali presenti.

Pur non evidenziandosi situazioni di scolo difficoltoso, nonostante la morfologia e la scarsa permeabilità dei terreni argillosi affioranti, particolare attenzione dovrà essere comunque posta alla regimazione delle acque di scorrimento superficiali.

Saranno inoltre naturalmente adottati tutti i dispositivi di messa in sicurezza degli scarichi dei reflui e delle reti fognarie a servizio dei nuovi insediamenti atti a garantirne la perfetta tenuta idraulica.

Attualmente l'evoluzione geomorfologica di tale porzione di territorio è essenzialmente legata all'attività antropica, che ha inibito in maniera considerevole l'azione morfogenetica fluviale con attività agricola ed estrattiva e naturalmente con interventi edilizi e infrastrutturali.

2. INDAGINI ESEGUITE, RISULTATI OTTENUTI E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Come accennato per verificare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo e che saranno interessati dalle opere fondazionali e dalla diffusione in profondità dei carichi trasmessi è stata eseguita dall'Intergeo S.r.l. di Modena un'apposita indagine geognostica ad integrazione di quella effettuata nel 2006.

L'indagine è stata sviluppata mediante esecuzione di ulteriori 5 prove penetrometriche che, in relazione alle presumibili caratteristiche granulometriche dei terreni del primo sottosuolo, sono state ad infissione statica; l'ubicazione delle prove compare in allegato, unitamente ai diagrammi penetrometrici ed ai tabulati di calcolo.

Le prove, che hanno raggiunto una profondità di m 6,0 dal p.c., sono state eseguite in campagna utilizzando un penetrometro statico Olandese Gouda da 10 ton di spinta ed impiegando per la penetrazione una punta "Friction Jacket Cone" avente un'area di 10 cm² ed un angolo alla punta di 60°.

L'uso della punta "Friction Jacket Cone" è stato espressamente richiesto dai sottoscritti per poter determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni attraversati dalla punta penetrometrica.

Infatti, dal rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale, applicando la correlazione di Begemann modificata da Schmestron, si riesce a risalire alla granulometria e,

come conseguenza, alla litologia dei terreni attraversati dalla punta penetrometrica.

Nei tabulati di calcolo sono stati riportati, oltre ai valori misurati in sito ogni 20 cm d'avanzamento della punta penetrometrica, i valori, calcolati mediante elaborazione automatica dei dati, della resistenza penetrometrica alla punta, (carico di rottura del terreno), espressi in kg/cm^2 , i valori della resistenza laterale locale, sempre espressi in kg/cm^2 , nonché i valori del rapporto fra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale (rapporto di Begemann).

Nei diagrammi penetrometrici, graficati mediante plotter interfacciato con l'elaboratore automatico, per semplicità di lettura, sono state riportate solamente due curve e precisamente:

- a sinistra del diagramma la curva della resistenza penetrometrica alla punta (carico di rottura del terreno), espressa in kg/cm^2 ;
- a destra, la curva del rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale (rapporto di Begemann).

Le prove penetrometriche appositamente eseguite hanno evidenziato una buona omogeneità d'insieme, tra loro e con altre prove eseguite nelle vicinanze evidenziando nel contempo una situazione litostratigrafica semplice e cioè la presenza di argille e argille limose ben consolidate che, con spessori di circa 5 m, ricoprono un banco ghiaioso - sabbioso ben addensato presente, come risulta da litostratigrafie di pozzi e di altre indagini, sino ad almeno una cinquantina di metri.

La caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni del primo sottosuolo è stata eseguita, come detto, mediante

l'elaborazione di otto prove penetrometriche statiche, eseguite sull'area ove sono previste le opere in progetto usando appositi programmi di calcolo e le correlazioni litostratigrafiche proposte in letteratura.

La parametrizzazione delle unità litotecniche del sottosuolo è stata realizzata attraverso le correlazioni proposte in letteratura, con riferimento alle unità litostratigrafiche individuate.

Complessivamente l'indagine eseguita ha evidenziato la presenza di terreni con caratteristiche favorevoli alla progettazione dell'intervento previsto.

I terreni interessati dalle strutture di fondazione in progetto, ovvero quelli soggetti all'interazione struttura-terreno, sono quelli superficiali entro i primi 4-5 m di profondità, sufficientemente consistenti da affrontare le normali problematiche fondazionali.

Nelle tabelle seguenti è riportata la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica per ogni prova, con i principali parametri.

PARAMETRI GEOTECNICI

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

PS1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	4,40	C	1,16	857,91	46,60	191,70	>9	2,00	--	--	--
2	5,00	I	--	--	341,10	771,18	0,70	1,90	100,00	42,00	454,80

PS2

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	4,60	C	1,27	935,77	50,80	202,07	>9	2,01	--	--	--
2	5,00	I	--	--	316,05	736,07	0,75	1,90	99,10	41,96	421,40

PS3

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	4,60	C	1,13	830,94	45,20	188,16	>9	1,99	--	--	--
2	6,00	I	--	--	274,95	676,01	0,89	1,90	91,82	40,85	366,60

PS4

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	4,40	C	1,00	734,33	41,98	174,62	>9	1,97	--	--	--
2	6,00	I	--	--	363,00	801,07	0,72	1,90	100,00	42,00	484,00

PS5

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	4,60	C	1,01	744,78	41,23	176,21	>9	1,97	--	--	--
2	6,00	I	--	--	547,65	1029,89	0,52	1,90	100,00	42,00	730,20

PS6

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	5,00	C	1,03	754,59	41,20	177,80	>9	1,97	--	--	--
2	6,00	I	--	--	676,20	1171,50	<0.5	1,90	100,00	42,00	901,60

PS7

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	4,60	C	0,96	707,36	43,56	170,86	>9	1,96	--	--	--
2	6,00	I	--	--	624,75	1116,20	<0.5	1,90	100,00	42,00	833,00

PS8

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	4,20	C	0,97	712,62	43,34	171,40	>9	1,96	--	--	--
2	6,00	I	--	--	567,75	1052,83	<0.5	1,90	100,00	42,00	757,00

Sulla base dell'indagine eseguita si può stimare, per i terreni presenti, considerando sia fondazioni superficiali (edifici senza scantinato) sia fondazioni profonde (edifici con scantinato), una portata massima in termini di tensioni ammissibili, pari ad almeno 1,5 Kg/cm² che naturalmente andrà verificata in relazione alle nuove norme vigenti (NTC2008).

3. CLASSIFICAZIONE SISMICA AI SENSI DELLE NTC2008

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

La porzione della media-alta pianura modenese in cui ricade l'area in esame risulta caratterizzata da un'attività tettonica attiva; basti pensare che in località prossime al territorio comunale, quali quelle che si collocano a ridosso del margine appenninico, si riconoscono faglie attive, e blocchi in movimento relativo tra di loro, la catena appenninica in sollevamento e l'alta pianura in abbassamento, che hanno provocato lesioni allineate secondo l'andamento delle fratture, oppure verso nord, ove si riconosce la piega nota con il nome di dorsale ferrarese, che ha determinato il notevole innalzamento dei depositi marini, che ha interessato anche la zona della bassa modenese, sede di una sismicità medio - bassa, come hanno evidenziato anche gli ultimi eventi del 20 e 29 maggio 2012.

Tutto ciò a dimostrare come la zona in esame sia caratterizzata da movimenti tettonici marcati, che scaricano gradualmente l'energia accumulata nel terreno, che possono originare fenomeni sismici frequenti ancorché di modesta entità.

A tale proposito l'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20-03-2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la

classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, ha stabilito la nuova classificazione sismica di tutto il territorio nazionale, e disciplinato la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

Il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti dovranno in generale essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Con l’entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.09.2005, che includono tra le referenze essenziali anche l’Ordinanza n. 3274/2003, è diventata obbligatoria la progettazione antisismica per tutto il territorio nazionale, facendo riferimento alle zone sismiche di cui alla OPCM 3274/2003.

Ai fini dell’applicazione di queste norme, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche, a ciascuna delle quali è assegnato un intervallo di valori dell’accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in particolare, per la determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore (a_g / g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, diverso per ogni zona sismica; il Comune di San Cesario sul Panaro ricade nella zona 3 a bassa sismicità, a cui è associato un valore della massima accelerazione

orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a $a_g = 0,15g$.

I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

In seguito all'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedente normativa nazionale in campo antisismico, l'accelerazione di base a_g , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, era direttamente derivante dalla zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento, riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. del 2008.

Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale escluso le isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri di pericolosità sismica, utili per la progettazione e cioè i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno espressa in $g/10$), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale adimensionale) e T^*c (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica, una volta definito per l'intervento in progetto, ai sensi sempre delle NTC2008, il tipo e la classe (ad esempio, per i fabbricati in progetto, tipo 2 e classe II).

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, è possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di

accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame, per i quattro stati limite previsti dalle norme S.L.O., S.L.D., S.L.V. e S.L.C.

Inoltre allo scopo di valutare l'amplificazione lito-stratigrafica dell'azione sismica di progetto, intesa come l'azione generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche, deve essere classificato il terreno di fondazione, nelle seguenti categorie individuate dalle NTC 2008.

Il sito viene classificato sulla base di V_{s30} se disponibile, altrimenti sulla base del valore di N_{spt} , per terreni prevalentemente granulari, ovvero sulla base della c_u , per i terreni prevalentemente coesivi, nelle seguenti categorie di suolo:

A -	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B -	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
C -	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D -	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

E -	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.
-----	---

Esistono poi due categorie speciali che sono individuate con le lettere S1 e S2 per le quali le NTC2008 richiedono per la definizione dell'azione sismica il ricorso a studi specifici.

S1 -	Depositi di terreni caratterizzati da valori $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_u < 70$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2 -	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Nell'area in esame, interessata dalla presente proposta di Piano Particolareggiato, per la determinazione della velocità delle onde S negli strati di copertura si è eseguita un'apposita indagine sismica del tipo Re.Mi., riportata in allegato, che ha fornito un

valore della V_{s30} pari a 487 m/sec, che per i terreni in esame definisce una categoria B:

- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

Sulla base della categoria di suolo di appartenenza del terreno, le NTC2008 associano un coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , da applicare alle componenti orizzontali dell'azione sismica; viene inoltre definito un coefficiente C_c che serve per il calcolo del periodo di controllo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione.

Poiché tale valore è riferito al bedrock, per definire il valore di a_g in superficie si calcola quindi il fattore S_s , caratteristico dell'area, che dipende dalla categoria di suolo di fondazione; essendo i terreni dell'area in esame in categoria B, avremo:

$$- S_s = 1.40 - (0.4 \times F_o \times a_g/g)$$

Viene inoltre definito un coefficiente C_c , che serve per il calcolo del periodo di controllo T_c , corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione; in particolare T_c è calcolato come prodotto di C_c per il periodo T^*c , ottenuto dallo studio di pericolosità sismici del sito specifico, come riportato nella tabella precedente.

Per suoli in categoria B il coefficiente C_c risulta pari a.

$$- C_c = 1.1 \times (T^*c)^{-0.2}.$$

Le NTC 2008 di cui al DM 14/01/2008 prevedono anche un coefficiente di amplificazione topografica che tiene conto della particolare ubicazione del sito, in relazione alla sua configurazione morfologica.

Vengono previste 4 categorie topografiche, a secondo della configurazione geometrica del sito, alla quale è associato un coefficiente di amplificazione S_T che varia da 1 a 1.4, come riportato nella tabella seguente.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Fattore di amplificazione S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Per quanto concerne la topografia del sito, siamo nella categoria T1, caratterizzata da una superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore o uguale a 15° , alla quale è associata un valore del coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.

4. MICROZONAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DAL 112/2007 DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

L'operatività della classificazione sismica di tutto il territorio regionale, sia pure in via di prima applicazione, a far data dal 23 ottobre 2005, ha comportato significativi effetti per quanto riguarda i contenuti e le modalità di approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Come previsto anche dalla L.R. 20/2000, e successiva L.R. 19/2008, gli strumenti di pianificazione devono concorrere alla "prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione".

Pertanto anche gli strumenti di pianificazione a livello comunale devono aggiornarsi su tali aspetti, al fine di "valutare la compatibilità delle previsioni in essi contenute, con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana", come evidenziato anche negli ultimi eventi del 20 e 29 maggio 2012.

Con la Delibera di G.R. n. 1677/2005, la RER ha fornito le prime indicazioni in merito alle valutazioni della compatibilità delle previsioni urbanistiche con le condizioni di pericolosità sismica locale.

Successivamente, la RER ha approvato dall'Assemblea Legislativa il 02.05.2007 l'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di microzonazione sismica (Delibera n.

112), nel quale si dettano i diversi approfondimenti sismici da attuarsi, nelle varie fasi della pianificazione urbanistica.

Un'analisi semplificata, come nel nostro caso, è richiesta e ritenuta sufficiente, per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato, nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$, in cui il deposito ha spessore costante.

L'area oggetto del presente studio, posta nella media-alta pianura modenese, nella porzione centrale del comune di San Cesario, è stata inserita all'interno delle "aree potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche", nella "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" del nuovo PTCP della Provincia di Modena, come riportato in allegato.

In queste aree viene richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico (approfondimenti del II livello).

Si è perciò proceduto all'elaborazione dell'analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica per l'ambito in esame, tramite la determinazione dei valori di Vs30 dei terreni presenti e successiva definizione dei coefficienti di amplificazione, ottenuti impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (A2.1 e A2.2) dell'Atto di indirizzi della RER sopra detto, che permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di

Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodo, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione orizzontale e l'intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti per ogni comune, ricavabili dal data base regionale, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e l'intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminate.

L'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie). Ecco perché diventa importante definire gli aspetti di pericolosità sismica locale, che possono amplificare gli effetti in superficie di un eventuale terremoto.

Per la classificazione del sito (modello geologico) è necessario conoscere le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata; come abbiamo precedentemente trattato, a tale proposito per l'ambito in esame si sono acquisiti tutti i dati e le analisi esistenti, comprensive sia di carte geologiche, geomorfologiche che di dati litostratigrafici, desunti da perforazioni di pozzi per acqua. La raccolta dei dati unitamente alle indagini eseguite, ha avuto come finalità la determinazione di:

- 1) il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il bedrock o il bedrock-like, intendendo con questi termini l'eventuale substrato roccioso (bedrock) o uno strato sciolto

(bedrock-like) con velocità delle onde S nettamente maggiore dei livelli superiori (e generalmente con valori oltre i 500-700 m/s);
2) la velocità delle onde S negli strati di copertura.

Dal punto di vista stratigrafico, le prove penetrometriche eseguite, correlate con i dati di alcune stratigrafie di pozzi presenti in zona, evidenziano come nell'area vi sia una copertura di terreni fini, argillosi e limosi, che sormontano, con spessori di circa 5/6 metri, il primo strato grossolano, rappresentato da ghiaie molto addensate, continuo fino a circa 40/50 m di profondità.

L'analisi della stratigrafia locale, è stata accompagnata da un'apposita indagine geofisica eseguita nell'area mediante il sistema Re.Mi., che ha permesso di ricostruire il profilo delle velocità delle onde di taglio V_s , individuando in particolare la presenza in profondità dei seguenti sismostrati: sono presenti depositi limosi e argillosi fino alla profondità di circa 5 m caratterizzati da velocità delle onde S sui 317 m/sec seguiti, sino alla profondità di circa 25 m, da un livello di ghiaia caratterizzato da velocità delle onde S pari a 504 m/sec. Procedendo in profondità, sino oltre ai 30 m di riferimento si rileva sempre uno strato di ghiaia molto addensato, in corrispondenza del quale le velocità delle onde S si innalzano a valori di oltre 800 m/sec, definendo un bed rock sismico.

Dalle elaborazioni eseguite nei primi 30 metri di profondità, il suolo di fondazione indagato appartiene da norma alla categoria B, avendo registrato un valore medio di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 metri, pari a 487 m/sec.

Una volta ottenuto il valore delle V_{S30} , si è proceduto con la determinazione dei fattori di amplificazione secondo la metodologia prima esposta, contenuta nell'Atto di indirizzi, che prevede diversi F.A. in funzione del valore di V_{S30} e della situazione litostratigrafica all'interno della quale ci si colloca, come riportato nelle tabelle in Allegato 2 all'Atto di indirizzi regionale.

In conformità a quanto previsto nell'Allegato n. 2 dell'Atto di indirizzi della RER, per calcolare i fattori di amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi semplificata del 2° livello, oltre alla determinazione della V_{S30} , si è definita la situazione litostratigrafica in cui si colloca l'ambito in esame, per l'utilizzo delle tabelle di riferimento.

L'indagine realizzata ha evidenziato come si sia raggiunto il substrato rigido di riferimento (*bedrock* sismico), che secondo la normativa vigente, (DAL 112/2007 e D.M. 14/01/2008) è caratterizzato da velocità delle onde S maggiori o uguali a 800 m/sec, individuandolo a circa 25 m di profondità dal p.d.c.

Detto questo, nell'Allegato 2 dell'Atto d'indirizzi RER, per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si individuano due diverse situazioni litostratigrafiche, denominate Pianura 1 e Pianura 2, differenziate a secondo della profondità del substrato profondo, correlabile al *bedrock* sismico. Infatti, l'Atto di indirizzi della RER prevede che ci si ritrovi in:

- Ambito di pianura 1 in caso di profilo stratigrafico costituito da “presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri), e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m) dal p.d.c.;

- Ambito di pianura 2, in caso di profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche di decine di metri), con substrato profondo > 100 m dal p.c.

A secondo che ci si ritrovi in una delle due situazioni si utilizzano differenti tabelle per il calcolo dei fattori di amplificazione.

La valutazione eseguita ha permesso di definire l'ambito in cui ricade l'area in studio, necessario per l'applicazione delle tabelle e delle formule dell'Allegato A2 punto A.2.1: la zona di San Cesario sul Panaro in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito 1 sopra detto, cioè quello con il bed-rock sismico posto ad una profondità inferiore ai 100 metri.

Noto, quindi, il valore della V_{S30} e noto l'ambito litostratigrafico di riferimento, si è desunto, dalle tabelle della DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna, il relativo valore del fattore di amplificazione FA, espresso sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia in termini di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0), per prefissati intervalli di periodo, corrispondente a $0.1s < T_0 < 0.5s$ e a $0.5s < T_0 < 1s$. Si sono ottenuti i seguenti risultati:

	Fattori di amplificazione
PGA/PGA_0	1.4
$SI/SI_0 (0.1 < T_0 < 0.5)$	1.5
$SI/SI_0 (0.5 < T_0 < 1)$	1.6

In riferimento alle condizioni morfologiche dell'area di PUA, non abbiamo effetti di amplificazione legati alla topografia, considerato la superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore o uguale a 15° , a cui corrisponde un St fattori di amplificazione = 1.

5. FATTIBILITÀ DEL PROGETTO PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA PROPOSTO

L'area di Piano in esame risulta collocata nella parte sud del centro abitato di San Cesario sul Panaro, più precisamente lungo via per Spilamberto.

Nel comparto si prevede la realizzazione di insediamenti residenziali, oltre ai servizi vari quali viabilità, parcheggi e verde pubblico.

Morfologicamente l'area in oggetto presenta quote medie del piano campagna comprese tra 57 e 58 m s.l.m., con pendenze prevalenti, pari a circa 1-2‰, in direzione nord-nordest.

La morfologia piana e semplice dell'area è tale da permettere uno sviluppo edilizio senza particolari problemi; l'area si presenta del tutto stabile con terreni in posto per i quali non si ravvisano problematiche particolari.

Non si riscontrano problemi per quel che riguarda il drenaggio superficiale delle acque, sia per la pendenza dei terreni affioranti, sia per la mancanza di forme depresse o chiuse a deflusso difficoltoso.

Nella zona del P.P., per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni presenti si sono eseguite, come detto, in totale n. 8 prove penetrometriche statiche, che si sono arrestate in corrispondenza del primo strato di ghiaia.

Dai risultati delle prove eseguite, correlate con i dati bibliografici esistenti, si evince come il sottosuolo dell'area in esame sia costituito da un primo strato di terreni fini argillosi e

limosi, caratterizzati da buone resistenze, con valori di R_p medio sui 20 Kg/cm², di spessore variabile da 4 a 5 m, che sovrasta uno strato di ghiaia, molto competente con elevate resistenze (R_p medio > 100 Kg/cm²), in corrispondenza del quale le prove si sono arrestate. Mediante alcune stratigrafie di pozzi per acqua posti nelle vicinanze dell'area, si è stimato per lo strato di ghiaia, uno spessore diverse decine di metri, al di sotto del quale compaiono nuovamente le argille.

Le prove effettuate, da un punto di vista geotecnico, per quanto riguarda i terreni presenti, hanno evidenziato una sostanziale omogeneità su tutta l'area indagata, e per tutto lo spessore indagato di copertura al substrato ghiaioso.

La situazione geotecnica rilevata si riflette necessariamente sulla scelta del tipo di fondazioni adottabili, che sarà strettamente collegata alle caratteristiche tipologiche dei fabbricati in progetto e quindi in rapporto alla stabilità globale opera-terreno.

Sulla base delle caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, evidenziate dalle indagini geognostiche eseguite nell'area e considerando la tipologia di massima dei fabbricati previsti, si ritiene idonea l'adozione di fondazioni superficiali.

Per quanto riguarda la profondità di posa delle fondazioni ci si potrà attestare già ad 1 m di profondità, o a circa 3/3,5 m nel caso di inserimento di piani interrati; in modo tale si andrà ad oltrepassare il terreno naturale più superficiale, soggetto alle variazioni stagionali di umidità e temperatura.

In fase esecutiva si dovranno approfondire le indagini per ciascun lotto al fine di valutare, in tale zona, l'esatto spessore dei terreni fini di copertura al primo strato di ghiaia.

Per ciò che concerne il carico unitario, intermini di tensioni ammissibili, si può fare riferimento per le profondità suddette, ad un valore di almeno 1,5 Kg/cmq.

Tali valori dovranno essere comunque opportunamente verificati in fase esecutiva, mediante un idoneo approfondimento geognostico su ciascun lotto, una volta progettato il singolo l'intervento edilizio, tenuto conto della presenza di terreni di riporto e della variabilità degli spessori dei terreni naturali di copertura alla ghiaia.

In considerazione della presenza di strati di ghiaia molto superficiali, nei primi 4/5 m di profondità, caratterizzati da un'incompressibilità, si ritiene che i cedimenti indotti saranno estremamente contenuti e comunque compatibili con le strutture previste.

Dal punto di vista idrogeologico, durante le indagini non è stata rilevata la presenza di acqua nel sottosuolo, essendo la falda in zona posta oltre i 10 m di profondità; per cui si ritiene che non vi saranno interferenze con le porzioni interrato degli edifici previsti. Tenuto conto delle buone caratteristiche dei terreni presenti si ritiene non vi siano particolari problemi di stabilità delle scarpate di scavo, per la realizzazione dei piani interrati; comunque in fase esecutiva si dovrà valutare per ogni singolo lotto la stabilità delle scarpate di scavo, in funzione della geometria da adottarsi.

Per quanto attiene gli aspetti sismici l'area risulta idonea, non rilevandosi rischi particolari; rimane comunque l'obbligo di procedere con la progettazione sismica degli interventi ai sensi delle nuove NTC2008.

Si è verificato come l'area sia omogenea per quanto attenga la risposta sismica locale e i possibili effetti attesi, come evidenziato nello studio di microzonazione (II livello di approfondimento).

In considerazione di tutto ciò possiamo dedurre che per quanto riguarda l'edificabilità dell'area in studio, non sussistono particolari problemi e questo sia dal punto di vista geologico, geotecnico, morfologico, e sismico, potendo affermare pertanto la fattibilità degli interventi in progetto con il P.P. proposto.

6. CONCLUSIONI

La presente relazione è stata redatta a supporto del Piano Particolareggiato di un'area ubicata nella zona sud del centro abitato di San Cesario sul Panaro, per la futura realizzazione di interventi residenziali.

Si tratta di un'area, attualmente agricola, per la quale si prevede la realizzazione di insediamenti residenziali, a completamento del tessuto urbano esistente.

In relazione allo studio effettuato si può affermare come gli interventi proposti siano del tutto fattibili, avendo verificato la mancanza di controindicazioni, da un punto di vista geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico.

Valutando contestualmente le caratteristiche geotecniche e morfologiche dei terreni presenti, unitamente alla tipologia dei fabbricati previsti, si ritiene di massima idonea l'adozione di fondazioni superficiali, pur non escludendo in casi particolari altre soluzioni progettuali.

Il valore di portanza dei terreni di sottofondazione dovrà essere opportunamente verificato in fase esecutiva, per ciascun lotto, una volta noti i carichi agenti, ai sensi delle norme vigenti; infatti, in fase esecutiva si dovrà procedere alla redazione di idoneo approfondimento del presente studio su ciascun lotto, una volta progettato il singolo l'intervento edilizio.

Dal punto di vista idrogeologico, le indagini eseguite hanno evidenziato l'assenza di una falda superficiale, che in zona si attesta oltre i 10 m di profondità; tenuto conto di ciò, non si

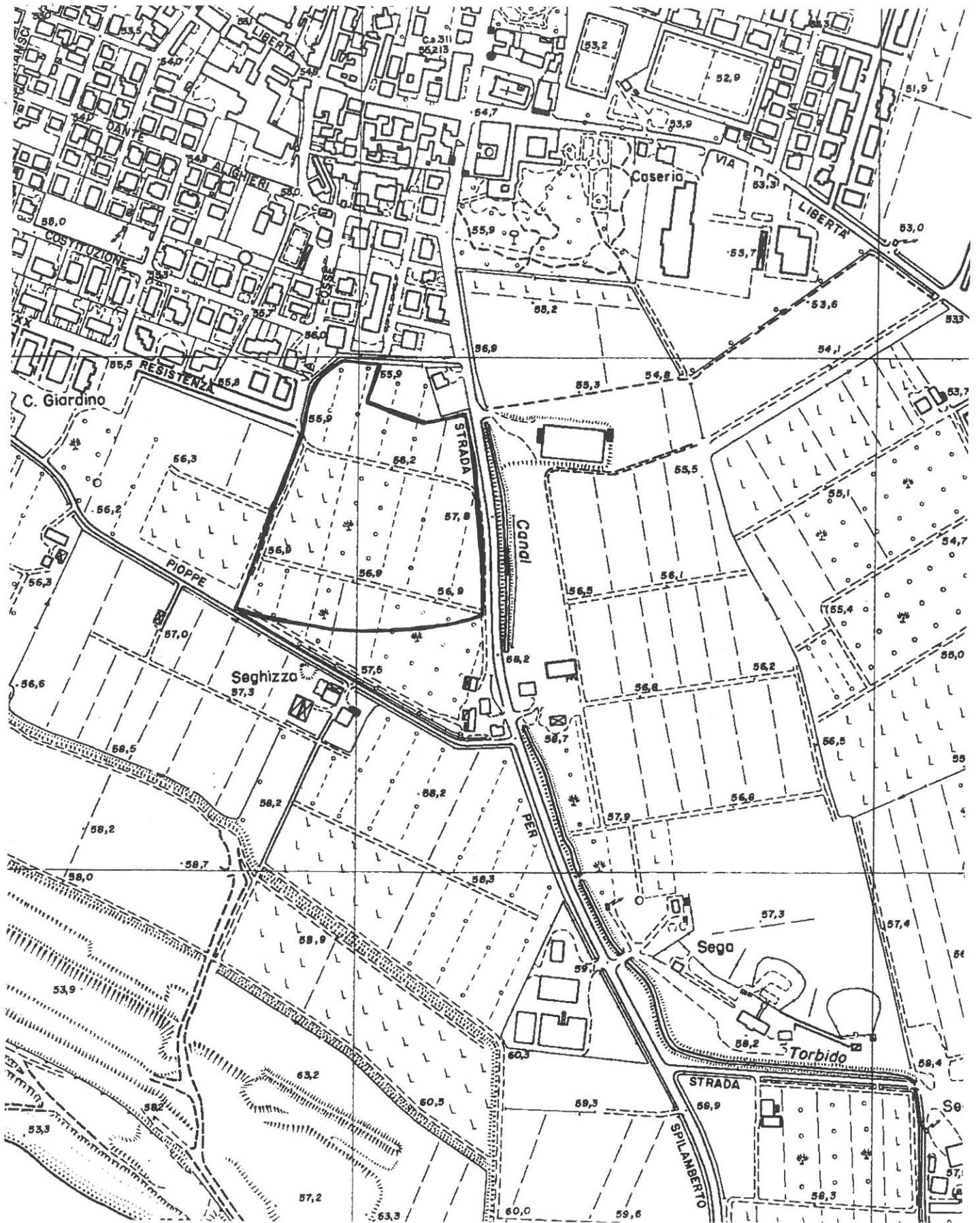
prevedono pertanto interferenze con le porzioni interrato dei futuri edifici.

Da un punto di vista sismico il Comune di San Cesario sul Panaro rientra in zona 3, quindi a bassa sismicità, alla quale fare riferimento nella progettazione esecutiva degli interventi edilizi; mediante apposita indagine si è determinata quale categoria di suolo di fondazione la categoria B.

Come previsto dalla Delibera dell'Assemblea Legislativa della RER n. 112 del 2007 si è eseguito uno studio di risposta sismica locale di II livello, finalizzato alla microzonazione dell'ambito in esame, per la riduzione del rischio sismico.

In fase esecutiva si dovrà proceder alla progettazione dei singoli interventi secondo quanto stabilito dalle NTC2008, valutando i fattori di pericolosità sismica di base, oltre a quelli di amplificazione locale.

Tutto ciò considerato si conferma, per quanto di competenza, la fattibilità della presente proposta di P.P.



LOCALITÀ: SAN CESARIO SUL PANARO
— ZONA DI INDAGINE

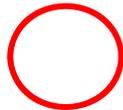


● UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

CARTA DEGLI EFFETTI ATTESI DEL PTCP



AREA IN ESAME



5	<p>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di II livello.</p>
6	<p>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; <u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : Data emissione:

Committente : C/O ING. MONTORSI

Località : COMPARTO ALBERTINI S. CESARIO

Prova numero : 1

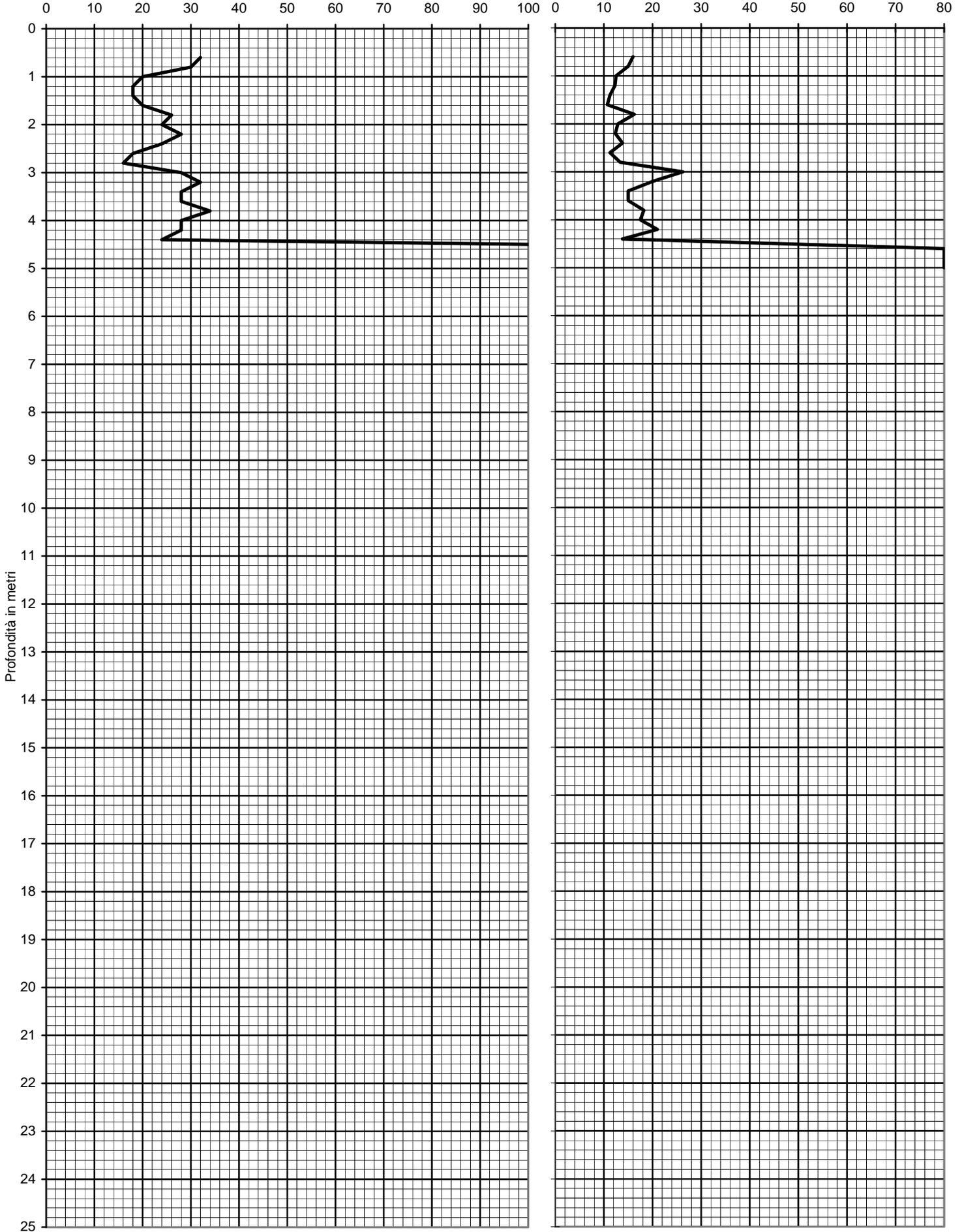
Data : 09/05/2006

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	32	62	32	2,00	16,00
0,80	30	60	30	2,00	15,00
1,00	20	44	20	1,60	12,50
1,20	18	40	18	1,47	12,27
1,40	18	42	18	1,60	11,25
1,60	20	48	20	1,87	10,71
1,80	26	50	26	1,60	16,25
2,00	24	52	24	1,87	12,86
2,20	28	62	28	2,27	12,35
2,40	24	50	24	1,73	13,85
2,60	18	42	18	1,60	11,25
2,80	16	34	16	1,20	13,33
3,00	28	44	28	1,07	26,25
3,20	32	56	32	1,60	20,00
3,40	28	56	28	1,87	15,00
3,60	28	56	28	1,87	15,00
3,80	34	62	34	1,87	18,21
4,00	28	52	28	1,60	17,50
4,20	28	48	28	1,33	21,00
4,40	24	50	24	1,73	13,85
4,60	180		180		
4,80	200		200		
5,00	300		300		
5,20					
5,40					
5,60					
5,80					
6,00					
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : Data emissione:

Committente : C/O ING. MONTORSI

Località : COMPARTO ALBERTINI S. CESARIO

Prova numero : 2

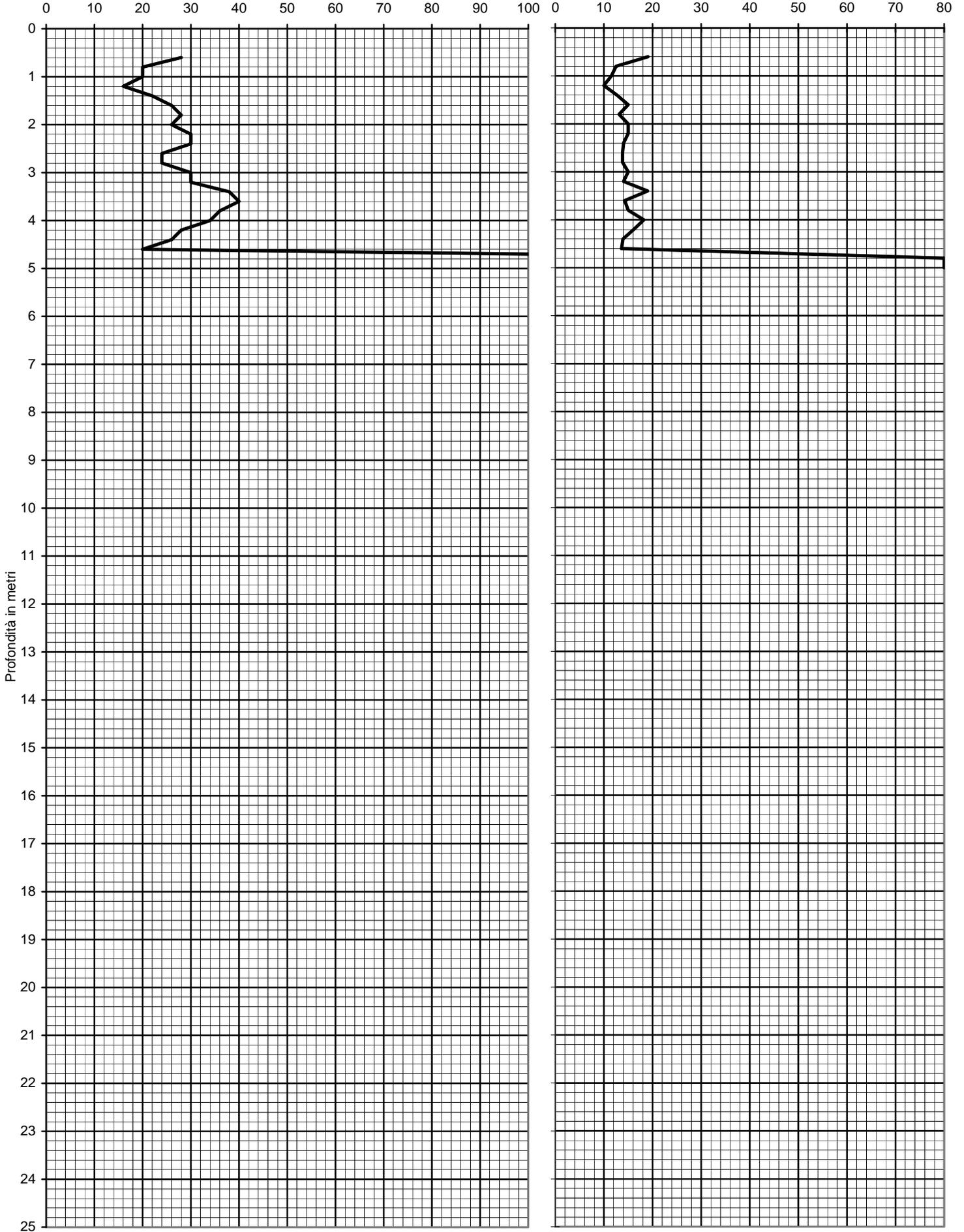
Data : 09/05/2006

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	28	50	28	1,47	19,09
0,80	20	44	20	1,60	12,50
1,00	20	46	20	1,73	11,54
1,20	16	40	16	1,60	10,00
1,40	22	48	22	1,73	12,69
1,60	26	52	26	1,73	15,00
1,80	28	60	28	2,13	13,13
2,00	26	52	26	1,73	15,00
2,20	30	60	30	2,00	15,00
2,40	30	62	30	2,13	14,06
2,60	24	50	24	1,73	13,85
2,80	24	50	24	1,73	13,85
3,00	30	60	30	2,00	15,00
3,20	30	62	30	2,13	14,06
3,40	38	68	38	2,00	19,00
3,60	40	82	40	2,80	14,29
3,80	36	72	36	2,40	15,00
4,00	34	62	34	1,87	18,21
4,20	28	54	28	1,73	16,15
4,40	26	54	26	1,87	13,93
4,60	20	42	20	1,47	13,64
4,80	180		180		
5,00	240		240		
5,20					
5,40					
5,60					
5,80					
6,00					
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : Data emissione:

Committente : C/O ING. MONTORSI

Località : COMPARTO ALBERTINI S. CESARIO

Prova numero : 3

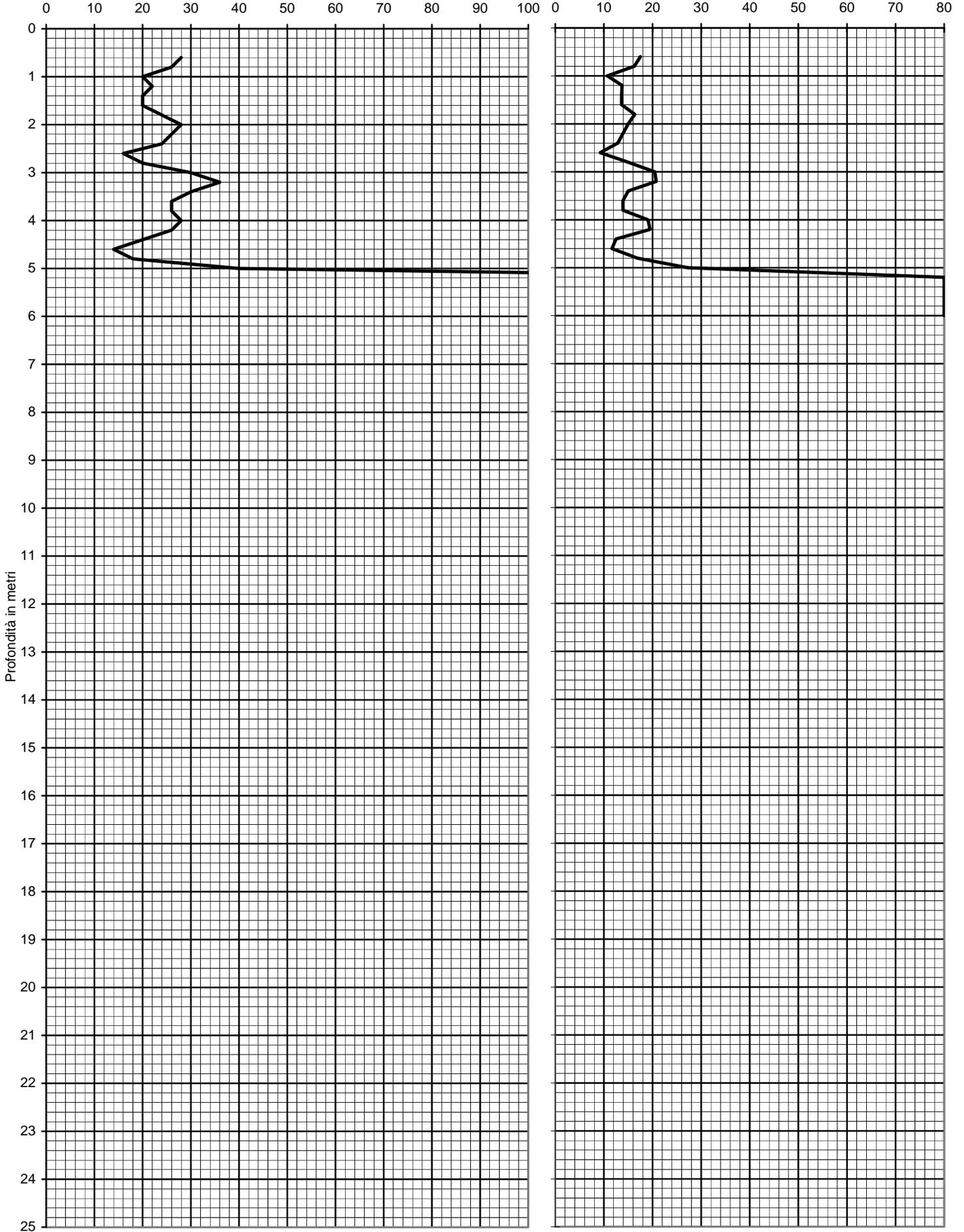
Data : 09/05/2006

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	28	52	28	1,60	17,50
0,80	26	50	26	1,60	16,25
1,00	20	48	20	1,87	10,71
1,20	22	46	22	1,60	13,75
1,40	20	42	20	1,47	13,64
1,60	20	42	20	1,47	13,64
1,80	24	46	24	1,47	16,36
2,00	28	56	28	1,87	15,00
2,20	26	54	26	1,87	13,93
2,40	24	52	24	1,87	12,86
2,60	16	42	16	1,73	9,23
2,80	20	40	20	1,33	15,00
3,00	30	52	30	1,47	20,45
3,20	36	62	36	1,73	20,77
3,40	30	60	30	2,00	15,00
3,60	26	54	26	1,87	13,93
3,80	26	54	26	1,87	13,93
4,00	28	50	28	1,47	19,09
4,20	26	46	26	1,33	19,50
4,40	20	44	20	1,60	12,50
4,60	14	32	14	1,20	11,67
4,80	18	34	18	1,07	16,88
5,00	40	62	40	1,47	27,27
5,20	180		180		
5,40	240		240		
5,60	200		200		
5,80	300		300		
6,00	300		300		
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **351/14** Data emissione: 03/04/14

Committente : C/O ING. LORENZONI

Località : COMP. ALBERTINI-S.CESARIO S/P

Prova numero : 4

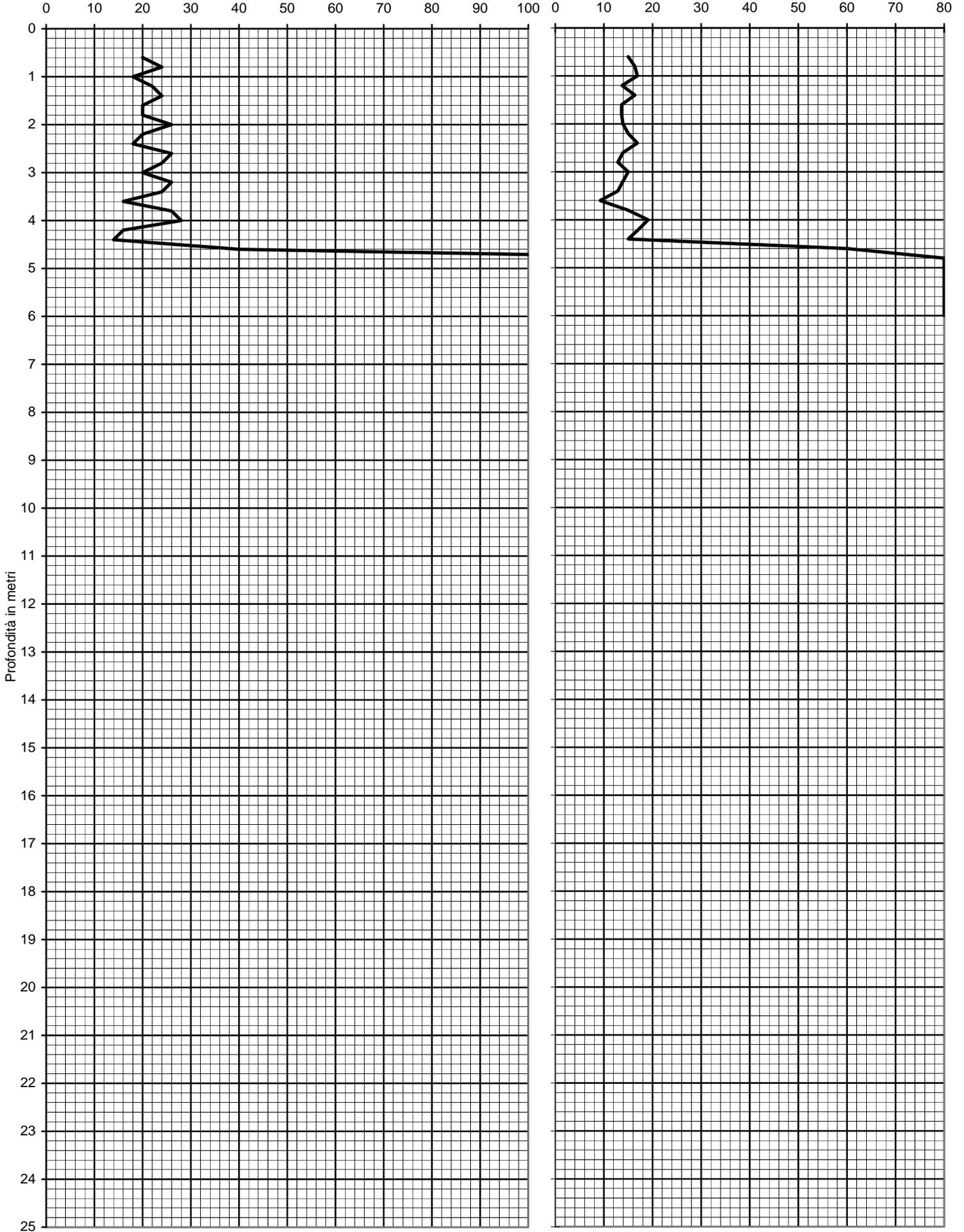
Data : 03/04/2014

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	20	40	20	1,33	15,00
0,80	24	46	24	1,47	16,36
1,00	18	34	18	1,07	16,88
1,20	22	46	22	1,60	13,75
1,40	24	46	24	1,47	16,36
1,60	20	42	20	1,47	13,64
1,80	20	42	20	1,47	13,64
2,00	26	54	26	1,87	13,93
2,20	20	40	20	1,33	15,00
2,40	18	34	18	1,07	16,88
2,60	26	54	26	1,87	13,93
2,80	24	52	24	1,87	12,86
3,00	20	40	20	1,33	15,00
3,20	26	54	26	1,87	13,93
3,40	24	52	24	1,87	12,86
3,60	16	42	16	1,73	9,23
3,80	26	52	26	1,73	15,00
4,00	28	50	28	1,47	19,09
4,20	16	30	16	0,93	17,14
4,40	14	28	14	0,93	15,00
4,60	40	50	40	0,67	60,00
4,80	150		150		
5,00	200		200		
5,20	250		250		
5,40	240		240		
5,60	300		300		
5,80	350		350		
6,00	400		400		
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **352/14** Data emissione: 03/04/14

Committente : C/O ING. LORENZONI

Località : COMP. ALBERTINI-S.CESARIO S/P

Prova numero : 5

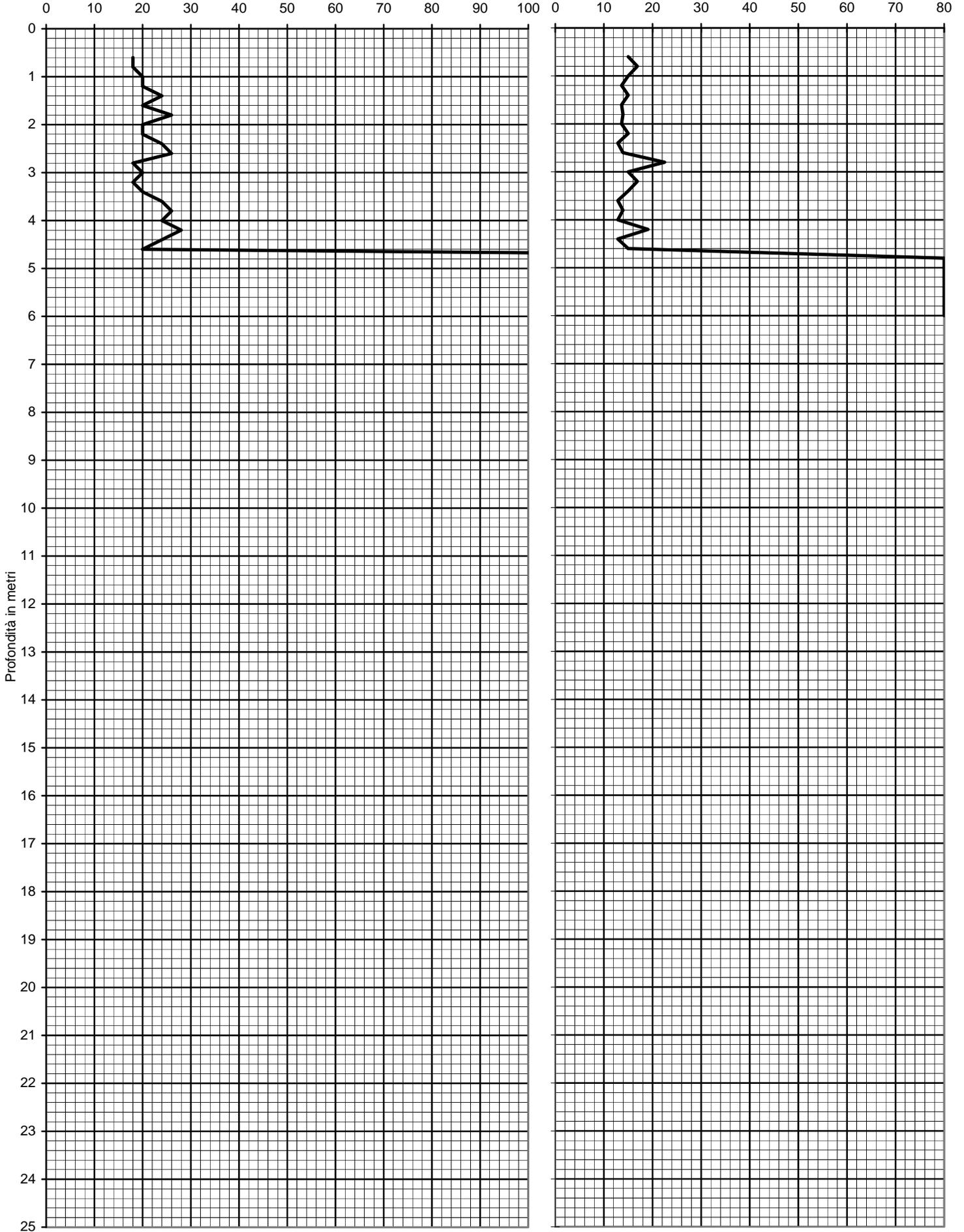
Data : 03/04/2014

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm^2)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	18	36	18	1,20	15,00
0,80	18	34	18	1,07	16,88
1,00	20	40	20	1,33	15,00
1,20	20	42	20	1,47	13,64
1,40	24	48	24	1,60	15,00
1,60	20	42	20	1,47	13,64
1,80	26	54	26	1,87	13,93
2,00	20	42	20	1,47	13,64
2,20	20	40	20	1,33	15,00
2,40	24	52	24	1,87	12,86
2,60	26	54	26	1,87	13,93
2,80	18	30	18	0,80	22,50
3,00	20	40	20	1,33	15,00
3,20	18	34	18	1,07	16,88
3,40	20	40	20	1,33	15,00
3,60	24	52	24	1,87	12,86
3,80	26	54	26	1,87	13,93
4,00	24	52	24	1,87	12,86
4,20	28	50	28	1,47	19,09
4,40	24	52	24	1,87	12,86
4,60	20	40	20	1,33	15,00
4,80	240		240		
5,00	260		260		
5,20	200		200		
5,40	400		400		
5,60	500		500		
5,80	450		450		
6,00	500		500		
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **353/14** Data emissione: 03/04/14

Committente : C/O ING. LORENZONI

Località : COMP. ALBERTINI-S.CESARIO S/P

Prova numero : 6

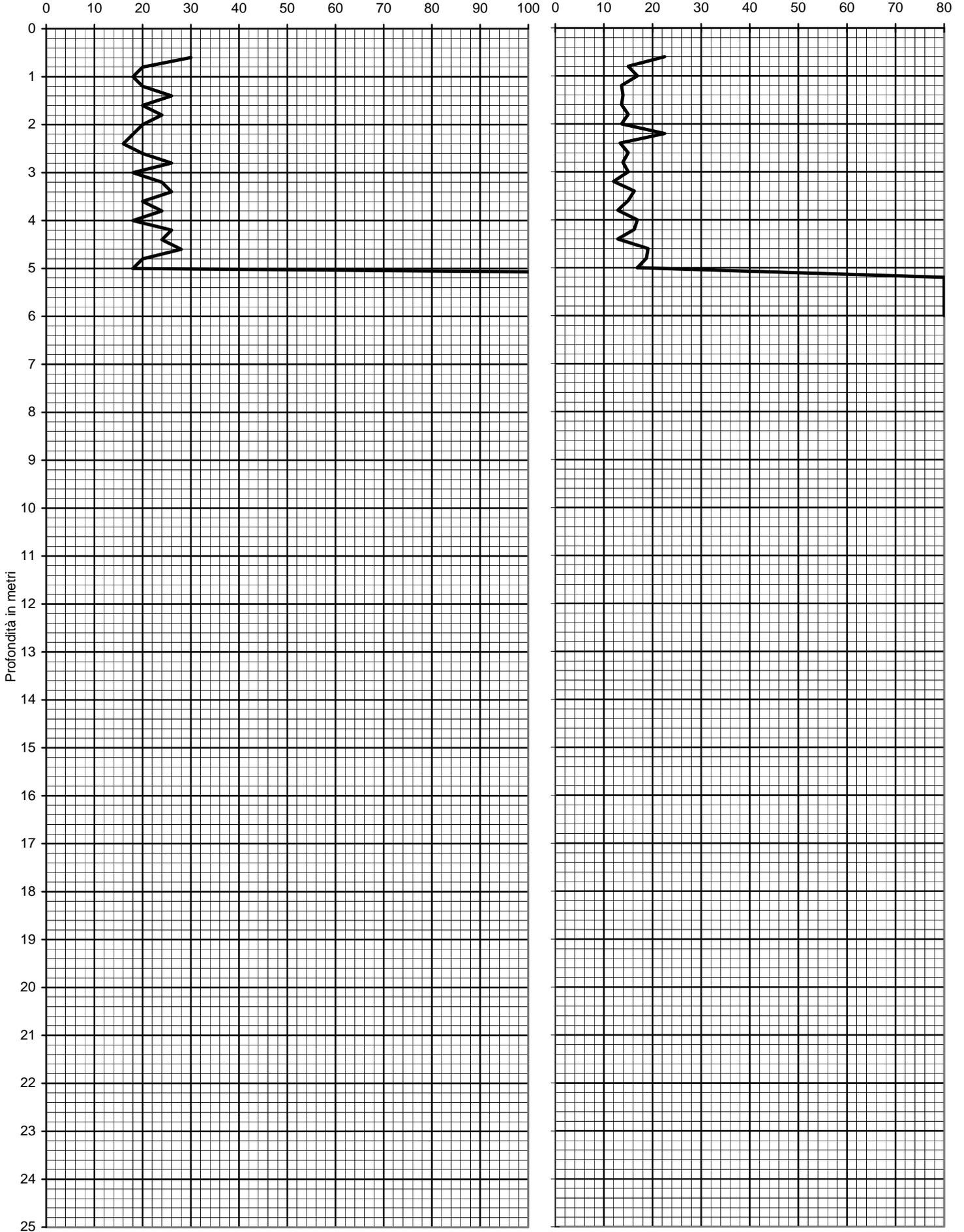
Data : 03/04/2014

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

Rp/Rl



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	30	50	30	1,33	22,50
0,80	20	40	20	1,33	15,00
1,00	18	34	18	1,07	16,88
1,20	20	42	20	1,47	13,64
1,40	26	54	26	1,87	13,93
1,60	20	42	20	1,47	13,64
1,80	24	48	24	1,60	15,00
2,00	20	42	20	1,47	13,64
2,20	18	30	18	0,80	22,50
2,40	16	34	16	1,20	13,33
2,60	20	40	20	1,33	15,00
2,80	26	54	26	1,87	13,93
3,00	18	36	18	1,20	15,00
3,20	24	54	24	2,00	12,00
3,40	26	50	26	1,60	16,25
3,60	20	40	20	1,33	15,00
3,80	24	52	24	1,87	12,86
4,00	18	34	18	1,07	16,88
4,20	26	50	26	1,60	16,25
4,40	24	52	24	1,87	12,86
4,60	28	50	28	1,47	19,09
4,80	20	36	20	1,07	18,75
5,00	18	34	18	1,07	16,88
5,20	250		250		
5,40	500		500		
5,60	500		500		
5,80	500		500		
6,00	500		500		
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **354/14** Data emissione: 03/04/14

Committente : C/O ING. LORENZONI

Località : COMP. ALBERTINI-S.CESARIO S/P

Prova numero : 7

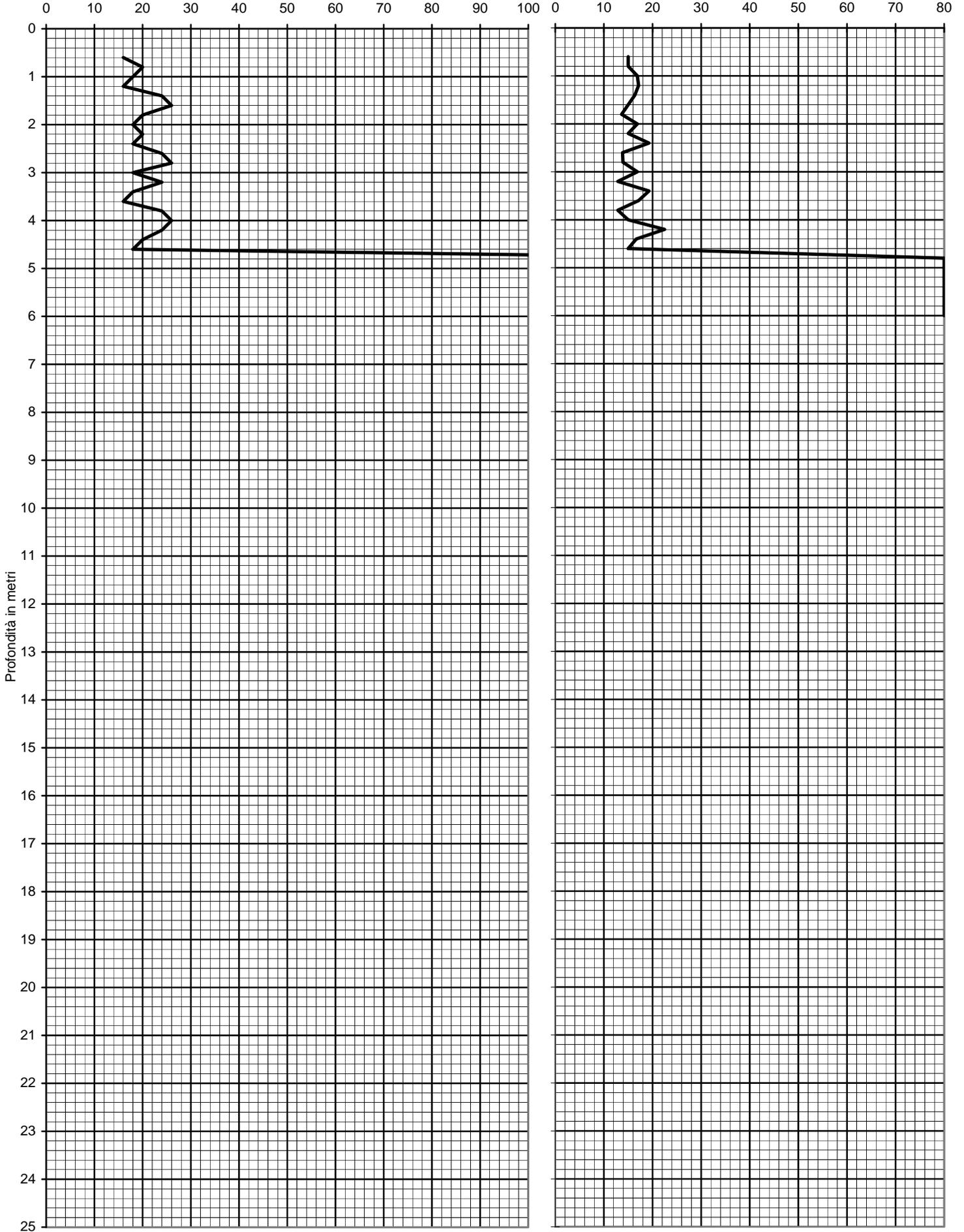
Data : 03/04/2014

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	16	32	16	1,07	15,00
0,80	20	40	20	1,33	15,00
1,00	18	34	18	1,07	16,88
1,20	16	30	16	0,93	17,14
1,40	24	46	24	1,47	16,36
1,60	26	52	26	1,73	15,00
1,80	20	42	20	1,47	13,64
2,00	18	34	18	1,07	16,88
2,20	20	40	20	1,33	15,00
2,40	18	32	18	0,93	19,29
2,60	24	50	24	1,73	13,85
2,80	26	54	26	1,87	13,93
3,00	18	34	18	1,07	16,88
3,20	24	52	24	1,87	12,86
3,40	18	32	18	0,93	19,29
3,60	16	30	16	0,93	17,14
3,80	24	52	24	1,87	12,86
4,00	26	52	26	1,73	15,00
4,20	24	40	24	1,07	22,50
4,40	20	38	20	1,20	16,67
4,60	18	36	18	1,20	15,00
4,80	160		160		
5,00	250		250		
5,20	500		500		
5,40	500		500		
5,60	500		500		
5,80	500		500		
6,00	500		500		
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **355/14** Data emissione: 03/04/14

Committente : C/O ING. LORENZONI

Località : COMP. ALBERTINI-S.CESARIO S/P

Prova numero : 8

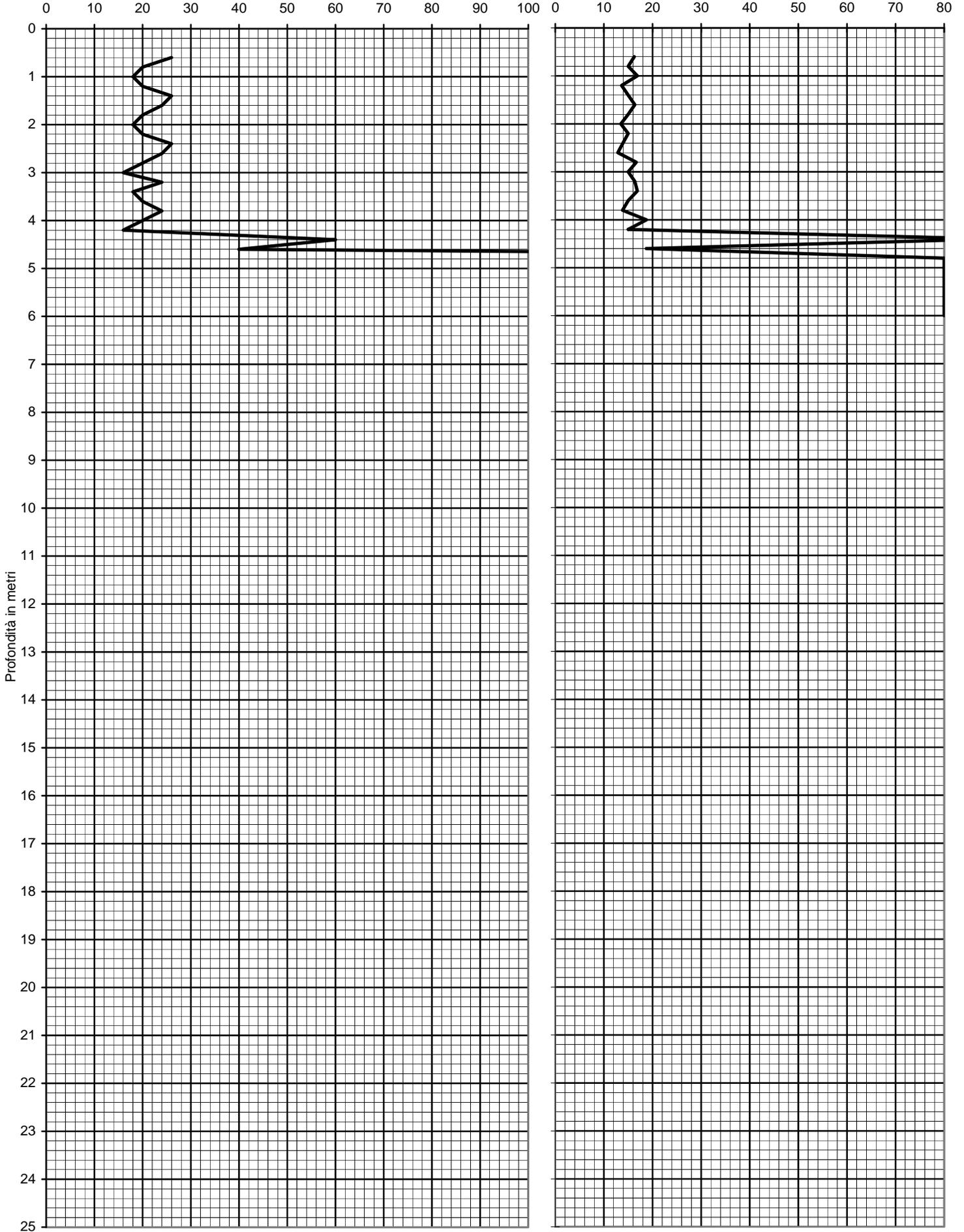
Data : 03/04/2014

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm^2)

Rp/Rl



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	26	50	26	1,60	16,25
0,80	20	40	20	1,33	15,00
1,00	18	34	18	1,07	16,88
1,20	20	42	20	1,47	13,64
1,40	26	52	26	1,73	15,00
1,60	24	46	24	1,47	16,36
1,80	20	40	20	1,33	15,00
2,00	18	38	18	1,33	13,50
2,20	20	40	20	1,33	15,00
2,40	26	54	26	1,87	13,93
2,60	24	52	24	1,87	12,86
2,80	20	38	20	1,20	16,67
3,00	16	32	16	1,07	15,00
3,20	24	46	24	1,47	16,36
3,40	18	34	18	1,07	16,88
3,60	20	40	20	1,33	15,00
3,80	24	50	24	1,73	13,85
4,00	20	36	20	1,07	18,75
4,20	16	32	16	1,07	15,00
4,40	60	70	60	0,67	90,00
4,60	40	72	40	2,13	18,75
4,80	300		300		
5,00	500		500		
5,20	500		500		
5,40	500		500		
5,60	500		500		
5,80	500		500		
6,00	500		500		
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					

San Cesareo (Modena)

Indagine sismica con metodologia RE.MI.
per la determinazione della VS30

1. Premessa

Il rapporto illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita nell'area d'interesse di San cesareo (Modena), ai fini della determinazione della caratterizzazione sismica del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario " norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14 settembre 2005)

L'indagine è stata realizzata mediante una prospezione sismica con metodologia RE.MI. (Refraction microtremor), con determinazione del valore di Vs30.

2. Caratterizzazione sismica del sito (DECRETO 14 settembre 2005 in G.U. n. 222 del 23 settembre 2005 - Suppl. Ord. n. 159)

La nuova normativa "Norme tecniche per le costruzioni" afferma che ai fini della definizione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare la classificazione dei terreni descritta di seguito. La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (bedrock) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio VS ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media cu. In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A – *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 5m.
- B – *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).
- C – *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).
- D – Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($NSPT < 15$, $C_u < 70$ kPa).
- E – *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.

A queste cinque categorie principali si aggiungono altre due categorie per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
- S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

La classificazione è effettuata sulla base del parametro V_{S30} che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

Il sito è classificato sulla base del valore di V_{S30} , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di NSPT.

3. Misura della Vs 30 tramite la registrazione dei microtremori (Refraction Microtremor - RE.MI.)

3.1 Cenni metodologici

Le tecniche correntemente utilizzate (Down-Hole, Cross-Hole) per la stima delle velocità delle onde di taglio per caratterizzare un sito sotto il profilo della risposta sismica, dovendo necessitare di almeno un foro di 30 m nel quale eseguire la prova, sono normalmente troppo onerose per essere impiegate come indagini di routine negli studi di microzonazione e di classificazione dei profili stratigrafici dei suoli di fondazione per progettazioni di opere non concentrate in areali ristretti.

Altre metodologie d'indagine indiretta per la determinazione delle velocità delle onde di taglio Vs, quale la sismica a rifrazione in SH, sono limitate dalla incapacità di rilevare livelli a bassa velocità sismica sottostanti a livelli a velocità sismica più elevata, che rappresentano i casi invece più significativi per la determinazione del profilo di velocità VS. Presentano altresì lo svantaggio di una tecnica di acquisizione non semplice, avendo la necessità di generare in superficie onde direzionali con apposite attrezzature, e di richiedere dispositivi di acquisizione relativamente lunghi per garantire la profondità d'indagine dei 30 m, ma soprattutto di dover operare in ambienti con poco rumore di fondo, di fatto praticamente impossibile da riscontrare in ambiti urbanizzati, industriali, o in adiacenza a strade o a linee ferroviarie, come il caso in esame.

Altre metodologie di prospezione, quali le prove di misura di onde di superficie SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), o le prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), pur avendo capacità di discriminazione dei livelli lenti all'interno di unità sismiche più veloci, hanno anch'esse la necessità di ambienti relativamente tranquilli per l'acquisizione e, comunque presentano metodologie di rilievo sicuramente laboriose e complesse.

La tecnica di prospezione "Refraction Microtremor" (Re.Mi) utilizzata capovolge il concetto comune del parametro "segnale-disturbo", per il quale tradizionalmente il primo (segnale) ha necessità di essere rilevato in condizioni favorevoli quindi in assenza o scarsità di rumore. Viceversa, in presenza di forte rumore di fondo (es. ambiente urbano), le tradizionali rilevazioni sismiche hanno sempre trovato una condizione di difficile applicazione a causa della difficoltà di discriminare il segnale dal rumore.

Con questa nuova tecnica, il disturbo, il "noise" ambientale diventa il segnale utilizzato per la caratterizzazione sismica. Sono i microtremori (rumore di fondo generato dal traffico stradale, ferroviario e comunque il rumore presente costantemente in ambito urbanizzato) a costituire la sorgente di energia utile allo scopo.

Numerose sperimentazioni hanno consentito di appurare che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, effettuate con uno stendimento sismico normal-

mente utilizzato per la sismica a rifrazione, possono essere utilizzate, con opportune procedure di acquisizione e elaborazione, per stimare la velocità delle onde di taglio (V_s) fino a profondità che possono essere superiori a 100m, con una precisione del 20%.

La metodologia d'indagine più applicata per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s , è stata proposta e sperimentata da J.N.Louie del Seismological Laboratory and Dept. of Geological Sciences dell'Università del Nevada, ed è basata su due aspetti fondamentali:

- uno pratico, rappresentato dal fatto che alcuni sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz per intervalli di tempo sufficientemente lunghi (30 sec);
- uno teorico, sulla base del quale una semplice trasformata bidimensionale (p - f) slowness-frequency della registrazione di un rumore di fondo (microtremor) è in grado di separare le onde di Rayleigh (onde di superficie) da altri tipi di onde che compongono il sismogramma, rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

3.2 Modalità d'intervento

L'acquisizione dei dati per la definizione della V_{s30} è stata svolta tramite l'acquisizione e la registrazione del noise ambientale impiegando geofoni da 14Hz ed un acquisitore digitale multicanale a 24 canali con dinamica a 24bit.

Sono stati acquisiti n. 2 sondaggi costituiti da stendimenti sismici da 24 geofoni equispaziati di 5m. Per ogni profilo sono stati raccolti 10 records di lunghezza 20s con campionamento ogni 2ms. L'ubicazione dei punti (R1 e R2) di determinazione della V_{s30} , è riportato nella planimetria di figura 1.

3.3 Elaborazione dati

La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica sopra descritta utilizzando il pacchetto software SeisOpt Re.Mi. 2.0 prodotto dalla Optim Software LLC.

Come prima fase è stata eseguita un'analisi spettrale del sismogramma che ha consentito di elaborare una immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono.

Da tale elaborazione è stata poi estrapolata la curva di attenuazione del segnale caratteristico e in funzione del suo andamento (curva di dispersione) si è risaliti alla stratigrafia sismica in termini di velocità delle onde di taglio (V_s).

Il risultato finale dell'elaborazione consiste quindi nella rappresentazione grafica del profilo di velocità e nel calcolo della relativa V_{s30} .

3.4 Analisi dei risultati

Le schede relative ai dati della prova RE.Mi riportano il sismogramma originale, l'analisi spettrale (Fig. 1.1), la curva di dispersione e il profilo di velocità (Fig. 1.2).

Ai fini della caratterizzazione sismica del sito, dall'elaborazione risulta:

Vs 30 = 487 m/s.

In base in base alla normativa vigente, il suolo di fondazione appartiene alla:

Categoria B "Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti"

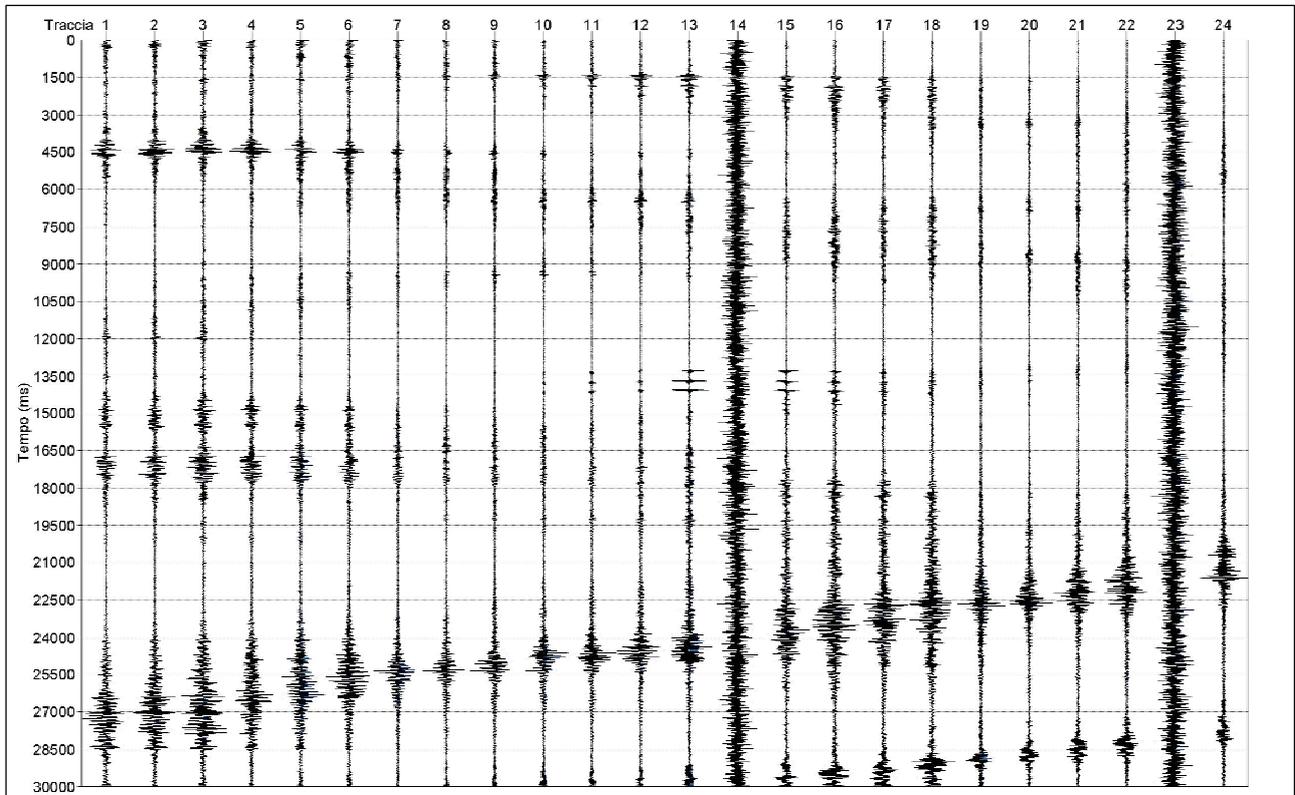
Poiché la norma stabilisce che la classificazione deve riguardare i terreni al di sotto delle fondazioni, in funzione del piano di posa delle fondazioni la Vs30 varia secondo la tabella seguente:

<i>quota piano di fondazione</i>	<i>Vs30</i>
-1 m	510 m/sec
-2 m	528 m/sec
-3 m	546 m/sec
-4 m	566 m/sec
-5 m	574 m/sec

REFRACTION MICROTREMOR Re.Mi.

R01

REGISTRAZIONE SISMICA



ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE

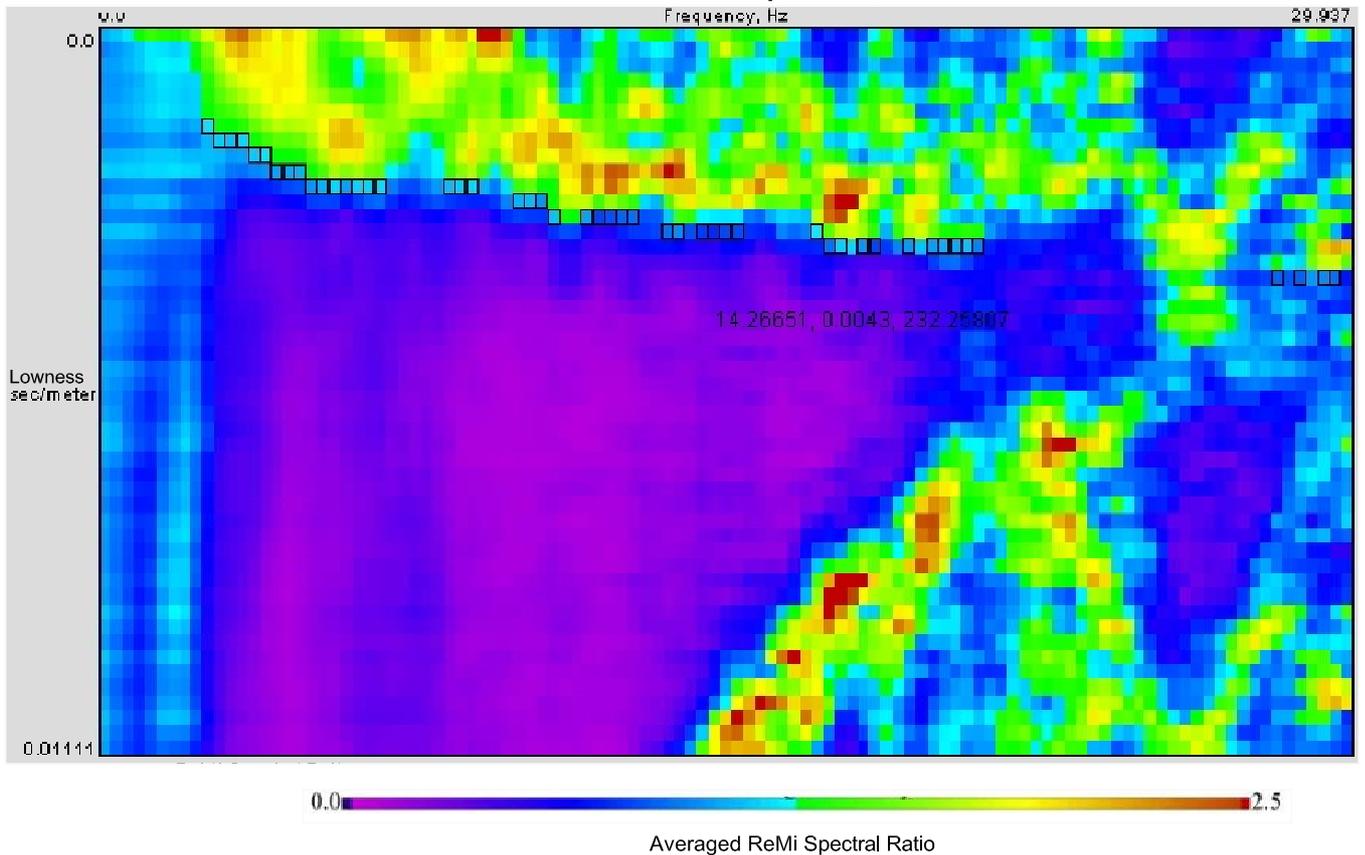
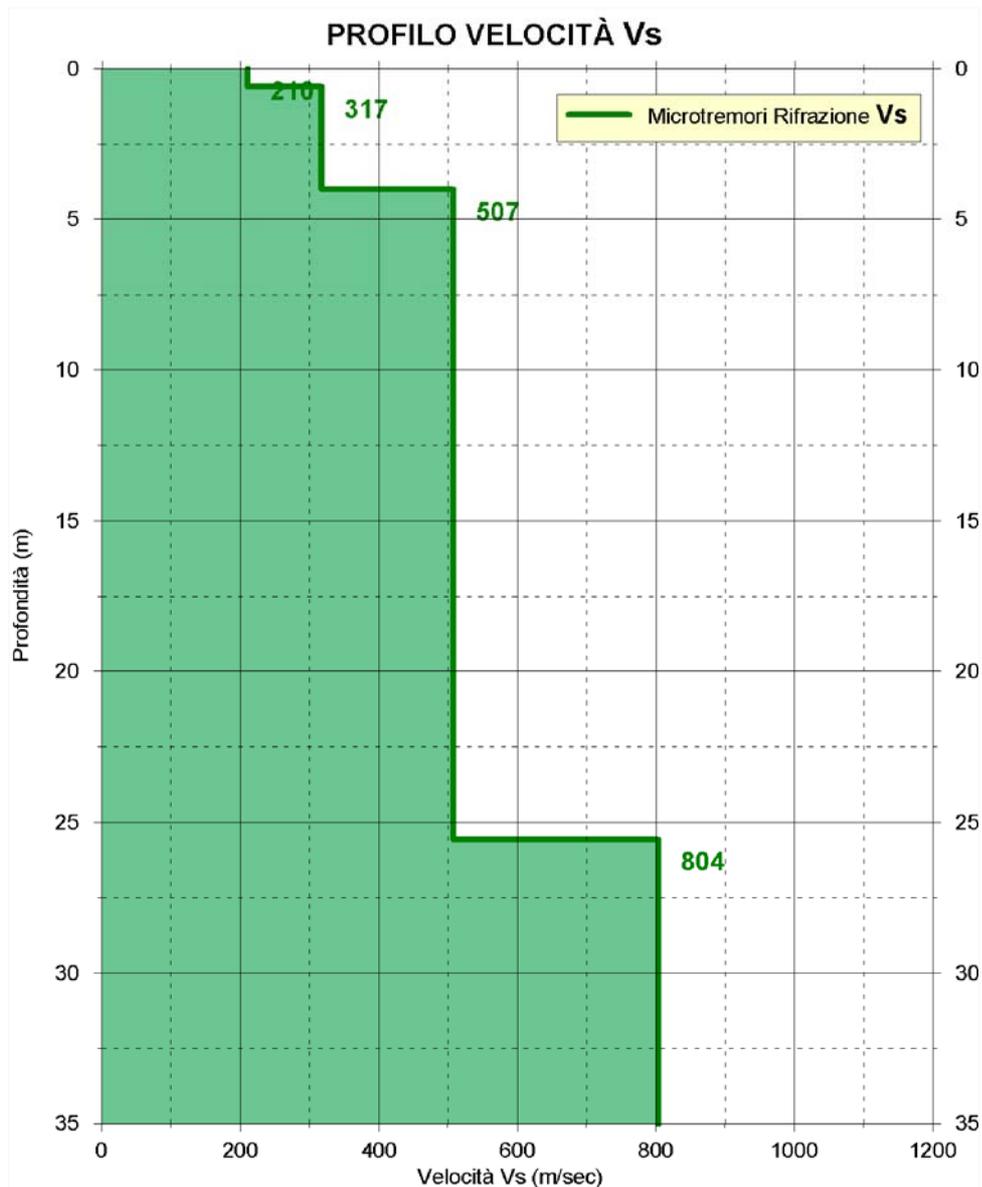
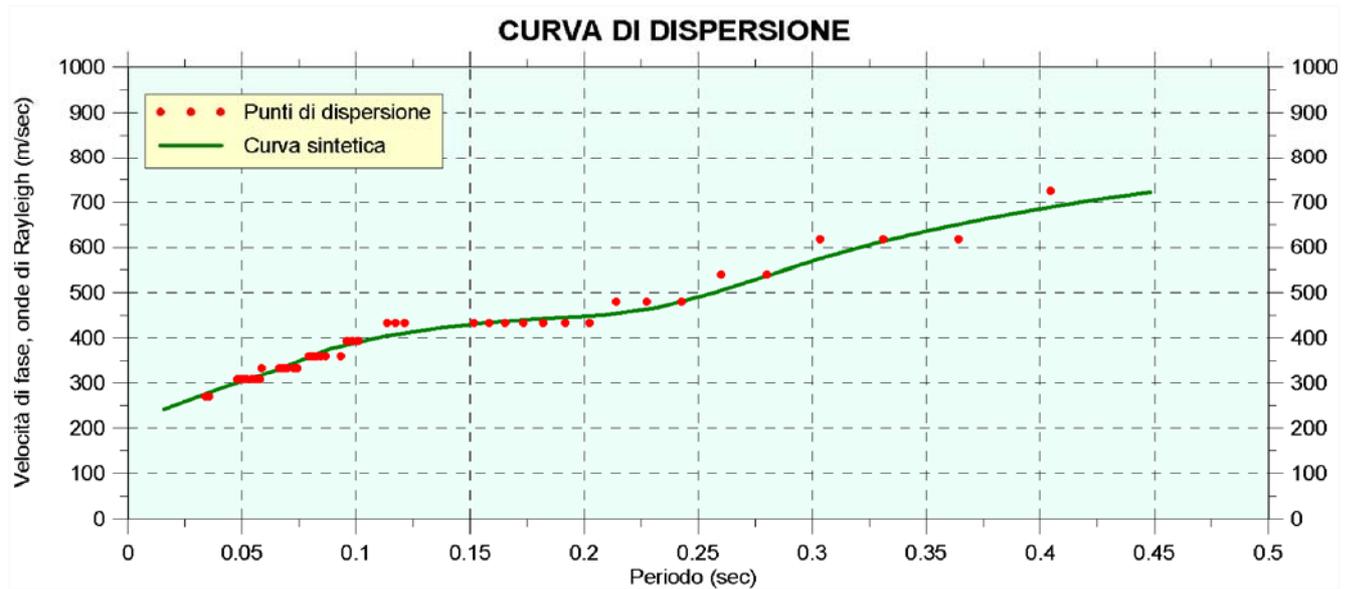


Fig. 1.1



Vs30 = 487 m/sec

Profilo stratigrafico del suolo di fondazione: **CATEGORIA B**

Fig. 1.2