

Autorità di Sistema Portuale
del Mar Adriatico Centro Settentrionale

**APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI, NUOVO
TERMINAL IN PENISOLA TRATTAROLI E RIUTILIZZO DEL
MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE AL P.R.P. VIGENTE 2007
I FASE**

PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA

FILE

1114.URB.L1.M.doc

CODICE

URB.L1.M

SCALA

Rev.	Data	Causale
0	Set. 2014	Emissione
1	Set. 2015	Revisione
2		
3		

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL
MARE ADRIATICO CENTRO SETTENTRIONALE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
IL DIRETTORE TECNICO
(Ing. Fabio Maletti)



MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER
LE OPERE PUBBLICHE PER LA LOMBARDIA
E L'EMILIA ROMAGNA

IL RESPONSABILE DELLA REVISIONE
DELLA PROGETTAZIONE
(Ing. Francesco Caldani)

PROPRIETÀ

PROGETTAZIONE URBANISTICA

sapir_logo.jpg



Ing. Riccardo Arvedi



PROGETTO CON ARCH. SIMONE MAZZOTTI ARCH. ELENA MINGOZZI ARCH. ENZO DE LEO
architettura urbanistica conservazione viale della lirica 49 48124 ravenna tel fax 0544 278118
analisi vegetazionale e studio paesaggistico Studio Verde s.r.l. dimensionamento reti fognaria bianca e nera acqua gas laminazione Ing. G. Minori

LUOGHIDELLACITTA'



**PORTO DI
RAVENNA**

CLASSIS
2000 anni di storia

Dott. ANGELO ANGELI – geologo -
Studio Geologia Tecnica – Impresa Geotecnica
47521 CESENA, Via Don G. Dossetti n.28
già Via Padre Genocchi n.222
Tel.0547-27682 – Fax. 21128
P.IVA: 00163540404 - C.F.: NGL NGL 34D13 F139U

Committente : SAPIR ENGINEERING

AREA LOGISTICA POC1
ZONA VITALACCIA
PORTO SAN VITALE – RAVENNA

RELAZIONE GEOLOGICA

Cesena, Gennaio 2016



1. PREMESSA

Su incarico di SAPIR ENGINEERING si redige la presente Relazione Geologica riguardante un'area (Area Logistica POC1) sita nella zona del Porto San Vitale. L'area in oggetto è situata sul lato Ovest di Via Classicana ed è delimitata a Sud da Via Canale Molinetto, la quale segue il tracciato dell'alveo abbandonato dei Fiumi Uniti.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL SITO

La zona di Ravenna è stata interessata dall'ingressione olocenica (Flandrana) che 5000-6000 anni fa aveva portato la linea di costa lungo la direttrice Fosso Ghiaia-Madonna dell'Albero-Fornace Zarattini-Alfonsine. In questa fase i depositi costieri erano caratterizzati da sabbia e ghiaia fine, nella quale erano presenti molti elementi derivanti dall'apporto dei fiumi marchigiani, a dimostrazione di un efficace trasporto lungo spiaggia da Sud verso Nord. A monte di questa linea di costa si era sviluppata un'ampia laguna.

Dopo questa fase di massima avanzata del mare è iniziata la fase regressiva ed a causa della subsidenza la laguna si è estesa a ricoprire le più antiche linee di spiaggia. I depositi costieri della fase di maggiore avanzata del mare sono ora quindi sepolti da un notevole spessore (8-10 metri nella zona di Fornace Zarattini; 7-11 m a Madonna dell'Albero) di terreni che superficialmente consistono in alluvioni argilloso-limose, più o meno sovraconsolidate, mentre in profondità passano a depositi argilloso-limosi ed anche torbosi, circa normalconsolidati, di ambiente palustre e lagunare.

Durante la fase di ritiro della linea di costa, la quale ha avuto un decorso più lento rispetto all'ingressione, si sono depositati importanti spessori di sabbie di spiaggia, duna e mare basso. In corrispondenza del centro storico, dopo 5-6 metri di depositi recenti con resti antropici, è presente un banco di sabbia pressochè continuo fino a 23-24 metri, il quale poggia sul paleosuolo che rappresenta il tetto della alluvioni tardopleistoceniche. Andando verso mare lo spessore del banco sabbioso si riduce e compaiono sotto lo stesso depositi argilloso-limosi di ambiente marino, circa normalconsolidati, con intercalate lenti di sabbia limosa che si riducono in numero e spessore andando verso mare. Lo spessore dei sedimenti olocenici aumenta gradualmente verso mare e nella zona di Porto Corsini, dove si hanno gli spessori maggiori, è di circa 30 metri. Il banco sabbioso è localmente coperto da spessori variabili di depositi palustri ed alluvionali e dai terreni della bonifica recente.

In Tavola II si riporta una carta geologica schematica della zona con indicata l'area dell'intervento. In Tavola II-ter si riporta una sezione schematica che fornisce un'idea complessiva della successione dei terreni della zona.

La zona di Ravenna è quindi caratterizzata dalla presenza di cordoni sabbiosi affioranti che corrispondono a posizioni in cui vi è stata una più lunga permanenza della linea di costa durante la fase regressiva del ciclo sedimentario olocenico,

corrispondente all'ingressione Flandriana. In posizione intermedia fra i vari cordoni sabbiosi sono presenti aree caratterizzate da una maggiore copertura superficiale di terreni argilloso-limosi, consistenti in alluvioni recenti e depositi delle bonifiche in superficie ed in depositi di laguna e palude in profondità.

Il cordone sabbioso più antico, con banco di sabbia coperto da un esiguo spessore di alluvioni recenti, corrisponde circa al tracciato della Via di Sant'Alberto e prosegue verso Sud nella zona di Via di Roma e della Stazione Ferroviaria e di Classe. Più ad Oriente vi è il cordone sabbioso delle Bassette, che, con andamento arcuato, si dirige a Nord verso la località di Casalborgonetti. Al cordone sabbioso delle Bassette si giustappone sul lato Est, con quote mediamente un poco più elevate, il cordone sabbioso della Pineta di San Vitale, il quale, più a Nord, interseca quello delle Bassette, avendo un andamento più rettilineo. Il cordone sabbioso della Pineta di San Vitale corrisponde quindi ad una linea di costa che ha in parte eroso il cordone sabbioso delle Bassette. In corrispondenza dei cordoni sabbiosi delle Bassette e delle Pinete la base del banco di sabbia è in genere a 13-15 metri di profondità. Soprattutto nella zona fra il Candiano ed il Canale del Molino, il cordone sabbioso delle pinete è attraversato da paleoalvei fluviali che ne interrompono la continuità.

Fra il cordone sabbioso della Via di Sant'Alberto e quello delle Bassette è presente una fascia che si restringe progressivamente verso Sud e che è caratterizzata dalla presenza di un rilevante spessore di depositi di laguna e palude, coperti da uno strato di alluvioni recenti e depositi delle bonifiche di colmata.

Ad Oriente del cordone sabbioso delle pinete e fino al cordone sabbioso della costa attuale si estende un'ampia zona caratterizzata dalla presenza in superficie di alluvioni recenti e depositi vallivi e lagunari di spessore variabile e generalmente non elevato, ma che può aumentare notevolmente in corrispondenza di vecchi canali e paleoalvei. In genere lo spessore di depositi di palude e laguna che ricopre il banco sabbioso è di modesto spessore fino in corrispondenza di una linea che passa per Largo Trattaroli. Ad oriente di questa linea i depositi di laguna e palude diventano spesso rilevanti ed il banco di sabbia si riduce molto di spessore, essendo la sua base in genere a soli 9-10 metri di profondità. In questa zona sono ancora presenti zone paludose e lagunari (pialasse), solo in parte bonificate in tempi recenti per la realizzazione di insediamenti industriali e portuali. Sono anche presenti zone limitate con sabbia affiorante o subaffiorante, corrispondenti a dune dell'antico delta triangolare dei Fiumi Uniti, che fino a metà del '700 sfociavano a Punta Marina. Dopo la deviazione dei Fiumi Uniti il delta è stato eroso e la linea di costa ha assunto un andamento quasi rettilineo.

L'area in esame ricade parte sul cordone sabbioso della pineta di San Vitale e parte sul lato mare dello stesso. Inoltre sul lato Sud, lungo Via Canale Molinetto, va ad interessare la fascia dell'alveo abbandonato dei Fiumi Uniti. Si possono quindi distinguere tre zone: una prima zona sul lato Nord (Zona "A" di Tavola III) dove il banco di sabbia è coperto da qualche metro di depositi palustri ed alluvionali, una seconda zona (Zona "B" di Tavola III) dove il banco di sabbia è affiorante ed una terza zona (Zona "C" di tavola III) lungo Via Molinetto, dove il

banco sabbioso è coperto da qualche metro di alluvioni dell'alveo abbandonato e da terreno di riporto.

Su parte dell'area è stato di recente riportato circa un metro di terreno argilloso-limoso, misto spesso a macerie e ghiaia.

Nella zona in esame il banco sabbioso, che rappresenta i depositi costieri di spiaggia e duna e di mare basso, depositatisi durante la fase di regressione della linea di costa, si spinge fino ai 15 metri circa di profondità.

Al banco sabbioso segue, fino a 27-28 metri di profondità, terreno argilloso-limoso, circa normalconsolidato, con molte lenti di sabbia fine e sabbia limosa intercalate. Questo banco rappresenta i depositi di ambiente marino della fase di maggiore avanzata del mare durante l'ingressione olocenica, quando la linea di costa era molto più ad occidente dell'area in esame. Alcuni livelli limoso-sabbiosi alla base rappresentano i depositi della fase iniziale dell'ingressione olocenica.

Questo complesso di terreni olocenici poggia su un substrato di alluvioni del Pleistocene superiore. Le alluvioni pleistoceniche consistono in terreno argilloso-limoso da mediamente consistente a compatto (moderatamente sovraconsolidato) con intercalate lenti sabbioso-limose.

Il livello della falda freatica è superficiale ed è generalmente a profondità compresa fra 1 e 2 metri dalla superficie.

3. INDAGINI IN SITO

Nel 2013, nell'area in esame, si erano eseguite 5 prove penetrometriche (CPT.1/13-2/13-3/134/135/13) spinte a 30 metri di profondità. Queste indagini sono state integrate recentemente con l'esecuzione di altre 4 prove penetrometriche (CPT.1/16-2/16-3/16-4/16) spinte a 30 metri di profondità e di due sondaggi a carotaggio (S.1/15 ed S.2/15) spinti a 15 metri di profondità. Sui campioni rimaneggiati, prelevati circa con frequenza di uno al metro, si sono eseguite analisi granulometriche e, limitatamente ai campioni coesivi, limiti di Atterberg e resistenza al penetrometro tascabile e torvane. Su un campione indisturbato, prelevato alla base del sondaggio S.1/15, si è fatta anche una prova di compressione edometrica.

Si sono inoltre eseguite n.4 indagini di sismica passiva (metodo H/V) mediante tromografo digitale "Tromino" per la determinazione del Vs30.

4. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La stratigrafia del terreno è illustrata dalle sezioni stratigrafiche di Tavola IV-1-2. In Tavola IV-3 si sono riportati cumulativamente i diagrammi delle prove penetrometriche che interessano la Zona "A" (CPT.1/13-2/13-3/16) corredati di stratigrafia media e schematizzazione geotecnica.

In Tavola IV-4 si sono riportati cumulativamente i digrammi penetrometrici che interessano la Zona "B" (CPT.3/13-4/13-5/13-2/16-4/16) corredati di stratigrafia e schematizzazione geotecnica.

In Tavola IV-5 si è riportata la prova penetrometrica CPT.1/16, eseguita nella Zona "C", corredata di interpretazione stratigrafica e schematizzazione geotecnica.

I parametri geotecnici indicati, ricavati sulla base delle correlazioni coi dati penetrometrici reperibili in letteratura e dell'esperienza personale sui terreni della zona, possono essere assunti come valori caratteristici.

Nella Zona "A", dopo circa un metro di terreno di riporto, segue, fino ai 4 metri di profondità, terreno argilloso-limoso molle con livelli limoso-sabbiosi.

Fino a profondità che variano da 7 ad 8.5 metri circa segue sabbia limosa con molte intercalazioni limoso-argillose molli, in genere di limitato spessore.

Segue poi un banco omogeneo di sabbia molto fine limosa, mediamente densa, normalconsolidata.

Dai 15 ai 17 metri circa è presente limo argilloso molle con qualche lente sottile limoso-sabbiosa, poi, fino a 26-27 metri, è presente un'alternanza di lenti sabbioso-limose e di limo argilloso molle. Le lenti sabbioso-limose sono in genere di piccolo spessore, ma in qualche zona sono presenti anche lenti di 1-2 metri di spessore a profondità attorno ai 19-21 metri. Dai 26-27 metri ai 30 metri è presente terreno argilloso-limoso da mediamente consistente a compatto (alluvioni tardopleistoceniche) con lenti sabbioso-limose intercalate.

Nella zona "B" il banco sabbioso è affiorante, salvo nelle zone dove è stato riportato circa un metro di terreno di riporto. Fino ai 5 metri circa è presente sabbia fine e sabbia limosa, poi, fino ai 9 metri circa, al banco sabbioso sono intercalate molte lenti limoso-argillose, in genere di piccolo spessore. Fra 9 e 12 m circa è presente uno strato omogeneo di sabbia molto fine limosa, che in qualche zona si spinge anche fino ai 15 metri, mentre in altre zone fra 12 e 15 metri al banco di sabbia sono intercalate lenti limoso-argillose. Dai 15 ai 30 metri la stratigrafia è simile a quella della Zona "A".

Nella Zona "C", fino a 3-4 metri circa è presente in prevalenza argilla sabbiosa da mediamente consistente a compatta, a cui segue, fino circa a 5 metri, sabbia e sabbia limosa rappresentante presumibilmente depositi dell'alveo abbandonato dei Fiumi Uniti.

Segue, fino ai 9 metri circa, sabbia fine e sabbia limosa e poi, fino ai 12 metri circa, sabbia molto fine limosa mediamente densa. Segue, fino ai 16 metri, limo argilloso molle con intercalazioni di sabbia limosa e poi, fino a 26 metri, strati di sabbia limosa alternati a limo argilloso molle con fitte vene limoso-sabbiose. Da 26 a 30 metri è presente argilla limosa in prevalenza compatta.

5. ORIENTAMENTI GEOTECNICI

Nonostante la presenza di terreno di moderate caratteristiche meccaniche nei primi metri e rilevanti spessori di terreno compressibile in profondità, per manufatti usuali (per es. capannoni industriali) sarà possibile fare ricorso a fondazioni dirette. Solo nel caso di manufatti con elevati carichi concentrati o manufatti con aree di carico estese e che non possono sopportare assestamenti importanti, potrà rendersi necessario il ricorso a fondazioni su pali o a consolidamento del terreno di fondazione.

6. ASPETTI SISMICI

Il Comune di Ravenna è classificato Zona Sismica 3.

Dai tabulati allegati alle NTC-2008 si ricavano, per manufatti di Classe II e Stato Limite di Salvaguardia della Vita, i seguenti parametri di pericolosità sismica:

Tr = 475 anni

a = 0.158 g

Fo = 2.567

Tc* = 0.280

Una valutazione del Vs30 fatta in base alle prove penetrometriche, utilizzando le correlazioni di Vs con **Nspt** e **cu** che si ricavano dalla normativa, ha fornito i seguenti risultati. L'**Nspt** e la **cu** sono stati ricavati dalla qc sulla base di note correlazioni.

Zona "A"

CPT	Vs30 (m/s)
1/13	178
2/13	163
3/16	186
Media	175

Zona "B"

CPT	Vs30 (m/s)
3/13	186
4/13	184
5/13	182
2/16	194
4/16	190
Media	187

Zona "C"

CPT	Vs30 (m/s)
1/16	173

Le prove di sismica passiva (metodo H/V) hanno fornito i seguenti valori del Vs30 da 0 a 30 m.

Prova	Vs30 (m/sec)	Zona
T1	157	A
T2	184	B
T3	141	C
T4	187	B

Il sottosuolo delle Zone “A” e “C” rientra quindi nella Categoria “D” : <<Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30<180 m/s (Nspt<15, cu<70 kPa).>>, mentre il sottosuolo della Zona “B” rientra nella Categoria “C”: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati 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 Vs,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 fine).

Il Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica risulta $S_s=1.792$ nelle Zone “A” e “C”, mentre nella Zona “B” risulta $S_s=1.457$. Il Coefficiente di Amplificazione Topografica è $S_t=1$, essendo il sito pianeggiante.

L’accelerazione massima risulta: $a_{max} = 0.158 \times 1.792 \times 1 = 0.283$ g nelle Zone “A” e “C” ed $a_{max}=0.158 \times 1.457 \times 1 = 0.230$ nella Zona “B”.

Il potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi è stato valutato sulla base di tutte le prove penetrometriche.

I valori di **rd** ed **MSF** assunti sono quelli suggeriti da Idriss e Boulanger (2004). Si sono fatte le correzioni per strato sottile come da Tavola XII-2 e per la frazione fine (FC) come suggerito da Idriss e Boulanger e recepito dalla Regione Emilia-Romagna nel recente aggiornamento delle indicazioni per la zonizzazione sismica.

Si è calcolato il Potenziale di liquefazione (Ipl o IL) sia secondo Iwasaki ed al. (1982), sia secondo Sommez ed al. (2003), come richiesto da Regione E-R nelle nuove norme.

Si sono valutati gli assestamenti sismici delle sabbie sulla base del grafico suggerito da Ishihara e Yoshimine (1992) riportato in Tavola XII-3 che fornisce valori corrispondenti a quelli del grafico proposto da Zhang ed al. (2002) e suggerito dalla Regione Emilia-Romagna. I risultati sono riassunti nella tabella che segue.

CPT	IL (Sommez)	Δh (cm)
1/16	0.19	2.30
2/16	0.03	1.36
3/16	0.03	0.95
4/16	0.00	0.96

1/13	0.01	1.10
2/13	0.02	1.29
3/13	0.00	0.48
4/13	0.01	0.59
5/13	0.00	0.64
media	0.03	1.01

I pericolo di liquefazione è quindi da considerarsi “basso” per l’area in esame, essendo il Potenziale di Liquefazione sempre inferiore a 2.

Non si sono considerati i cedimenti sismici degli strati coesivi in quanto la loro valutazione è richiesta per argille con $I_p > 30\%$, mentre i terreno coesivi del sito in esame sono argilloso-limosi e limoso-argillosi con I_p sempre minore del 30%.

Gli assestamenti postsismici sono da considerarsi trascurabili.

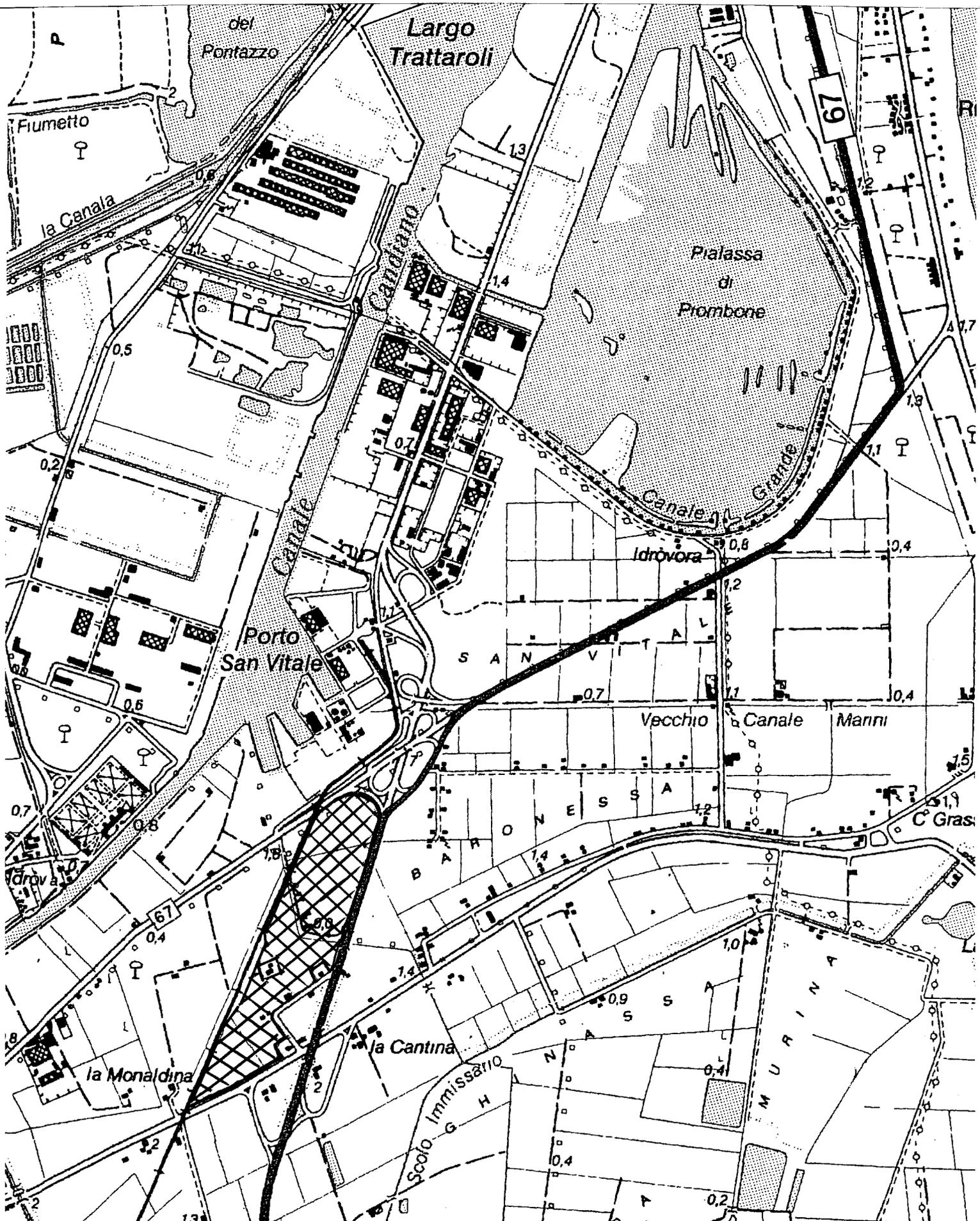
In Tavolla XIV si è riportato lo Spettro di Risposta Elastico ricavato secondo le nuove indicazioni della Regione E-R, mentre in Tavola XV-1-2-3-4 si è riportato lo Spettro di Risposta Elastico ricavato sulla base delle NTC-2008 per un manufatto di Classe II, sia per Stato Limite di Salvaguardia della Vita, sia per Stato Limite di Prevenzione al Collasso, sia per Categoria D che per categoria C.

In calce alla relazione si riportano sia i risultati delle indagini di sismica passiva (metodo H/V), sia i risultati della valutazione dello Spettro di Risposta Elastico fatta mediante il codice EERA utilizzando i tre sismogrammi forniti dalla Regione E-R per il Comune di Ravenna, scalati come previsto dalla nuova normativa della Regione. Si è fatto riferimento ad una stratigrafia corrispondente a quella delle Zone “A” e “C”. I valori ottenuti possono considerarsi validi anche per la Zona “B” essendo le differenze nella successione dei terreni molto limitata.

Lo Spettro di Risposta Elastico ricavato con EERA ha valori di accelerazione dell’oscillatore armonico a un grado di libertà nettamente inferiori a quelli risultanti dal metodo semplificato previsto dalle NTC-2008, per cui si può ritenere che la classificazione del sottosuolo delle Zone “A” e “C” come appartenente alla categoria “D” sia ampiamente cautelativa.

COROGRAFIA CON UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO

SCALA 1/25.000

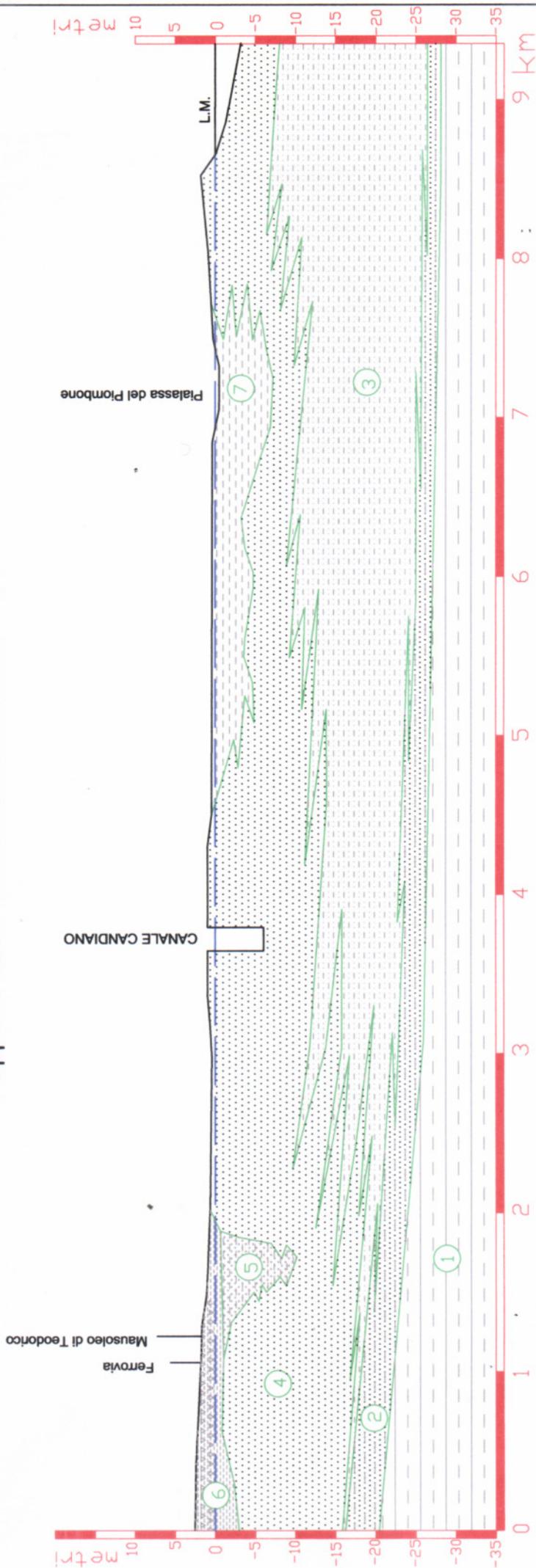


LA TAVOLA II CON LA CARTA GEOLOGICA E' A PARTE

TAVOLA II-ter

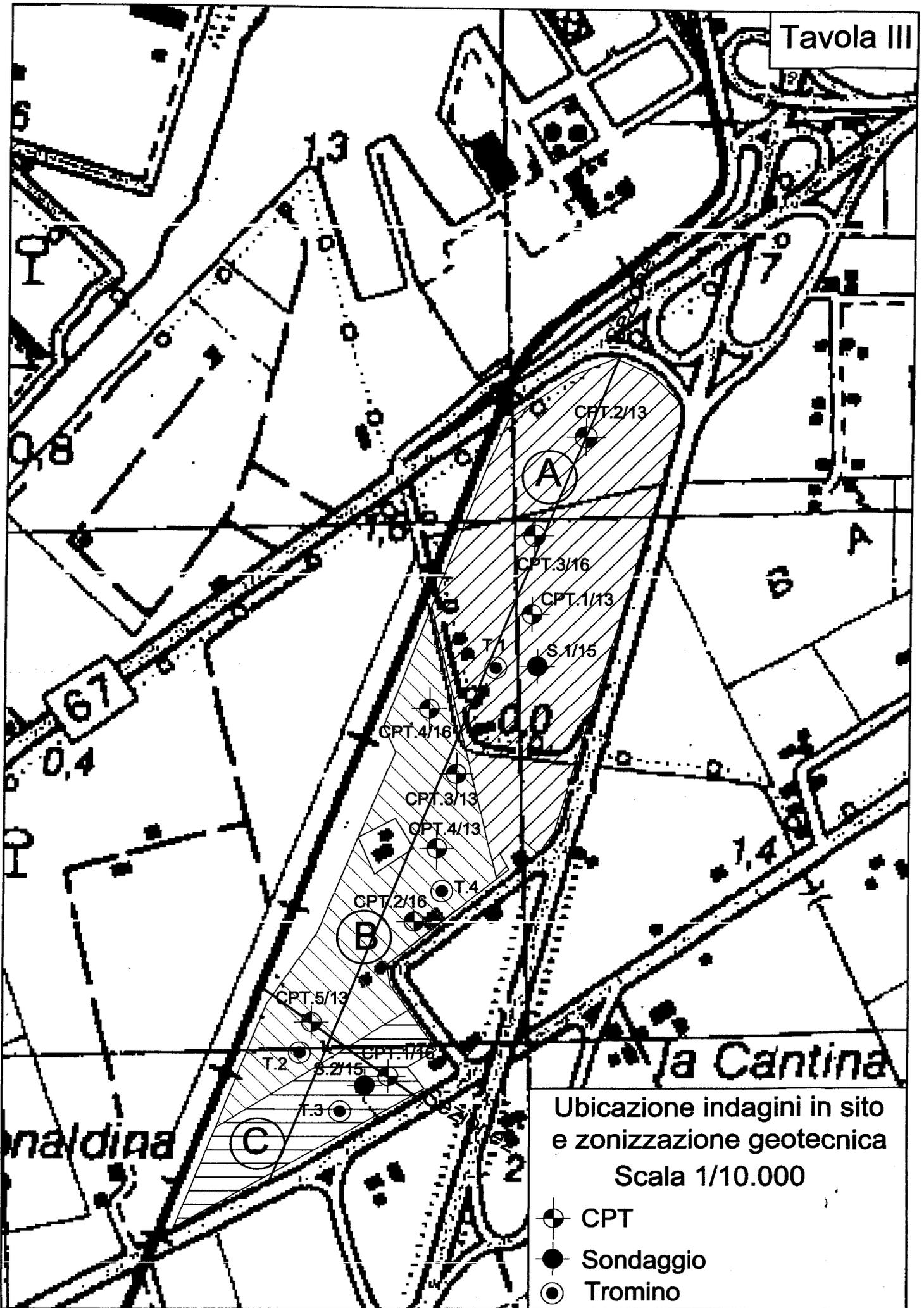
SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA

Rapporto scala distanze/scala altezze = 1/5



- ① Substrato di alluvioni argilloso-limose, con lenti di sabbia, della fine del Pleistocene. Il tetto rappresenta un paleosuolo ed è chiaramente sovraconsolidato e presenta segni di ossidazione per un paio di metri di spessore.
- ② Strato costituito da lenti di sabbia, sabbia limosa e limo rappresentante i depositi della fase iniziale dell'ingressione olocenica (Flandriana). Localmente alla base può essere presente uno strato di argilla scura (deposito di ambiente palustre che precede l'arrivo del mare).
- ③ Argilla limosa e limo argilloso normalconsolidati con lenti di sabbia in aumento dal lato mare verso terra (depositi di ambiente marino).
- ④ Sabbia fine con lenti di sabbia limosa, limo ed argilla molle (depositi di spiaggia e duna e di ambiente marino costiero della fase di regressione del mare avvenuta negli ultimi 5000 anni circa, durante i quali la linea di costa si è ritirata dalla direttrice Fosso Ghiata-Madonna dell'Albero-Fornace Zarattini-Alfonsine fino alla posizione attuale).
- ⑤ Argilla e argilla torbosa molle con lenti di torba (depositi in prevalenza di laguna e palude).
- ⑥ Argille ed argille limose molli in profondità (depositi vallivi e lagunari) con copertura di alluvioni recenti e terreno di riporto con resti antropici.
- ⑦ Argilla limosa ed argilla torbosa molle (depositi vallivi e lagunari) con copertura di alluvioni recenti argilloso-limose sovraconsolidate.

Dott. ANGELO ANGELI
 geologo
 CESENA, Via P. Genocchi, 222



Ubicazione indagini in sito
e zonizzazione geotecnica

Scala 1/10.000

- CPT
- Sondaggio
- Tromino

Zona “A”

In questa zona, dopo circa un metro di terreno di riporto, segue, fino ai 4 metri di profondità, terreno argilloso-limoso molle con livelli limoso-sabbiosi intercalati.

Fino a profondità che variano da 7 ad 8.5 metri circa segue sabbia limosa con molte intercalazioni limoso-argillose molli, in genere di limitato spessore.

Segue poi un banco omogeneo di sabbia molto fine limosa mediamente densa normalconsolidata.

Dai 15 ai 17 metri circa è presente limo argilloso molle con qualche lente sottile limoso-sabbiosa, poi, fino a 26-27 metri, è presente un'alternanza di lenti sabbioso-limose e di limo argilloso molle. Le lenti sabbioso-limose sono in genere di piccolo spessore, ma in qualche zona sono presenti anche lenti di 1-2 metri di spessore a profondità dell'ordine di 19-21 metri. Dai 26-27 metri ai 30 metri è presente terreno argilloso-limoso da mediamente consistente a compatto (alluvioni tardopleistoceniche) con lenti sabbioso-limose intercalate.

Categoria del suolo: “D”.

Vs30 da indagine sismica (metodo H/V): 157 m/s

Zona “B”

Il banco sabbioso è affiorante, salvo nelle zone dove è stato riportato circa un metro di terreno di riporto. Fino ai 5 metri circa è presente sabbia fine e sabbia limosa, poi, fino ai 9 metri circa, al banco sabbioso sono intercalate molte lenti limoso-argillose, in genere di piccolo spessore. Fra 9 e 12 m circa è presente uno strato omogeneo di sabbia molto fine limosa, che in qualche zona si spinge anche fino ai 15 metri, mentre in altre zone fra 12 e 15 metri al banco di sabbia sono intercalate lenti limoso-argillose. Dai 15 ai 30 metri la stratigrafia è simile a quella della Zona “A”.

Categoria del suolo: “C”.

Vs30 da indagine sismica (metodo H/V): 184-187 m/s

Zona “C”

Fino a 3-4 metri circa è presente in prevalenza argilla sabbiosa da mediamente consistente a compatta, a cui segue, fino circa a 5 metri, sabbia e sabbia limosa rappresentante presumibilmente depositi dell'alveo abbandonato dei Fiumi Uniti.

Segue, fino ai 9 metri circa, sabbia fine e sabbia limosa e poi, fino ai 12 metri circa, sabbia molto fine limosa mediamente densa. Segue, fino ai 16 metri, limo argilloso molle con intercalazioni di sabbia limosa e poi, fino a 26 metri, strati di sabbia limosa alternati a limo argilloso molle con fitte vene limoso-sabbiose. Da 26 a 30 metri è presente argilla limosa in prevalenza compatta.

Categoria del suolo: “D”.

Vs30 da indagine sismica (metodo H/V): 141 m/s

LA TAVOLA Iv-1 CON LA SEZIONE STRATIGRAFICA N.1
E' A PARTE CON LA CARTA GEOLOGICA

Sezione stratigrafica

Scala distanze: 1/2.000

Scala altezze: 1/200

Zona "B"

Zona "C"

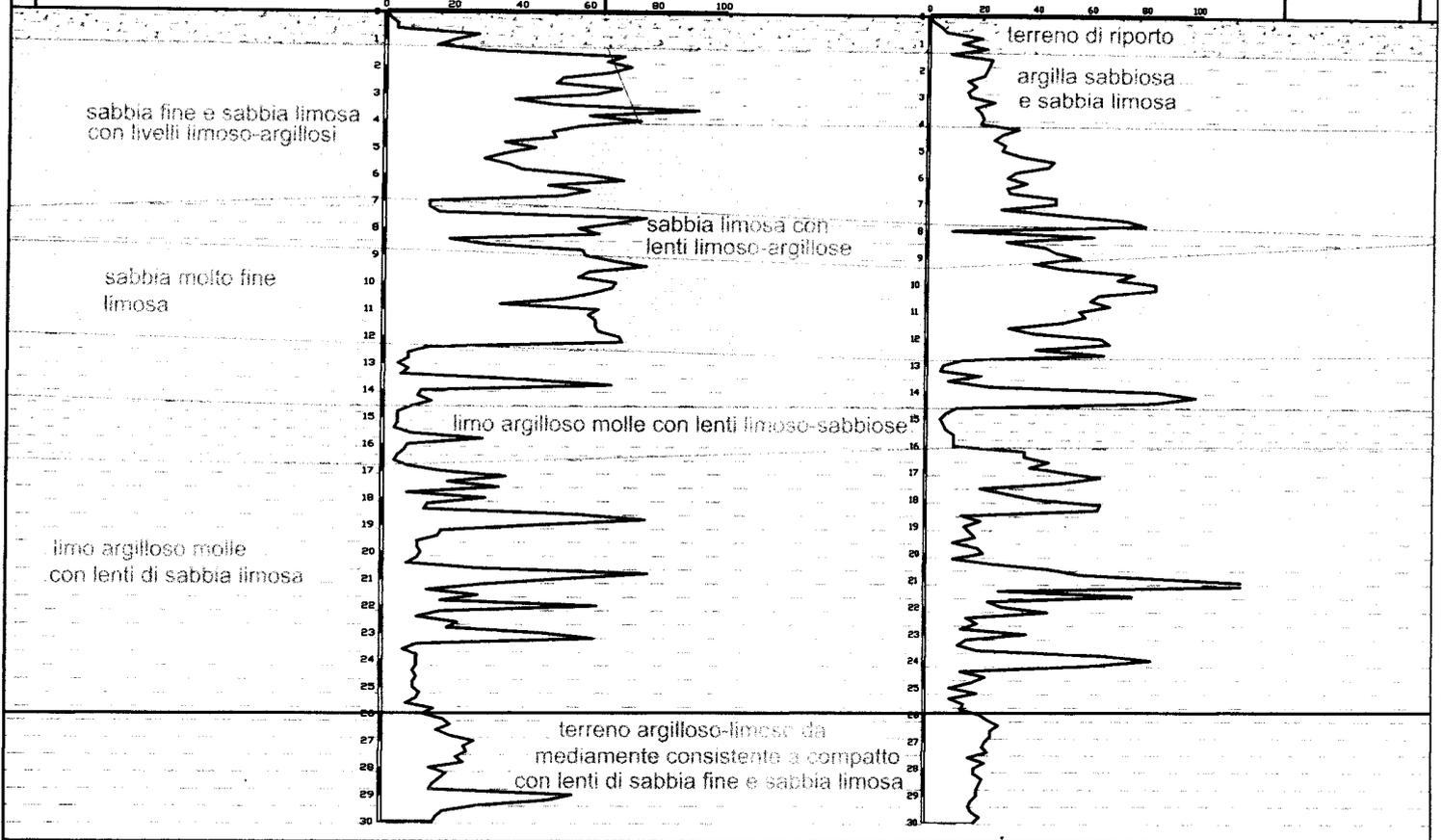
Via Molinetto

CPT.5/13

CPT.1/16

Rp Kg/cm²

Rp Kg/cm²



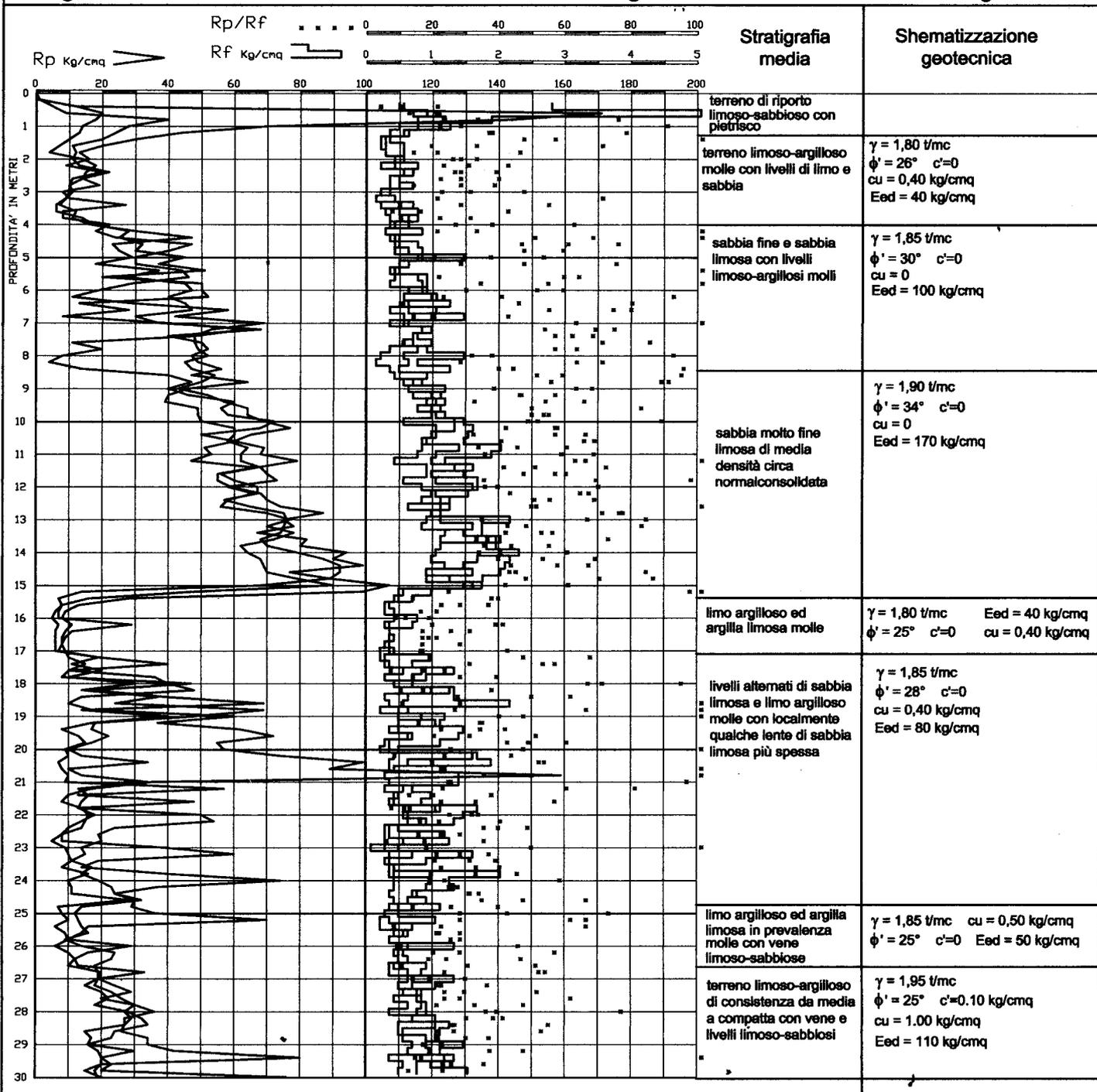
Committente **SAPIR Porto Internodale Raven**
 Lavoro **AREA VITALACCIA**
 Localita' **Ravenna, Via Classicana**
 Attrezzo **Pagani 20 t.**

QUOTA : p.c.
 LIV. ACQUA : -1.50/2.00

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Padre Genocchi, 222
 Tel.0547-27682 ■ Fax.0547-21128

ZONA "A"

Diagramma cumulativo delle CPT.1-2/13 e 3/16 con stratigrafia media e schematizzazione geotecnica



γ = densità naturale

$cu = su$ = coesione non drenata o resistenza iniziale al taglio

ϕ' = e c' = angolo di attrito e coesione in condizioni drenate

Eed = modulo edometrico

Tavola IV-3

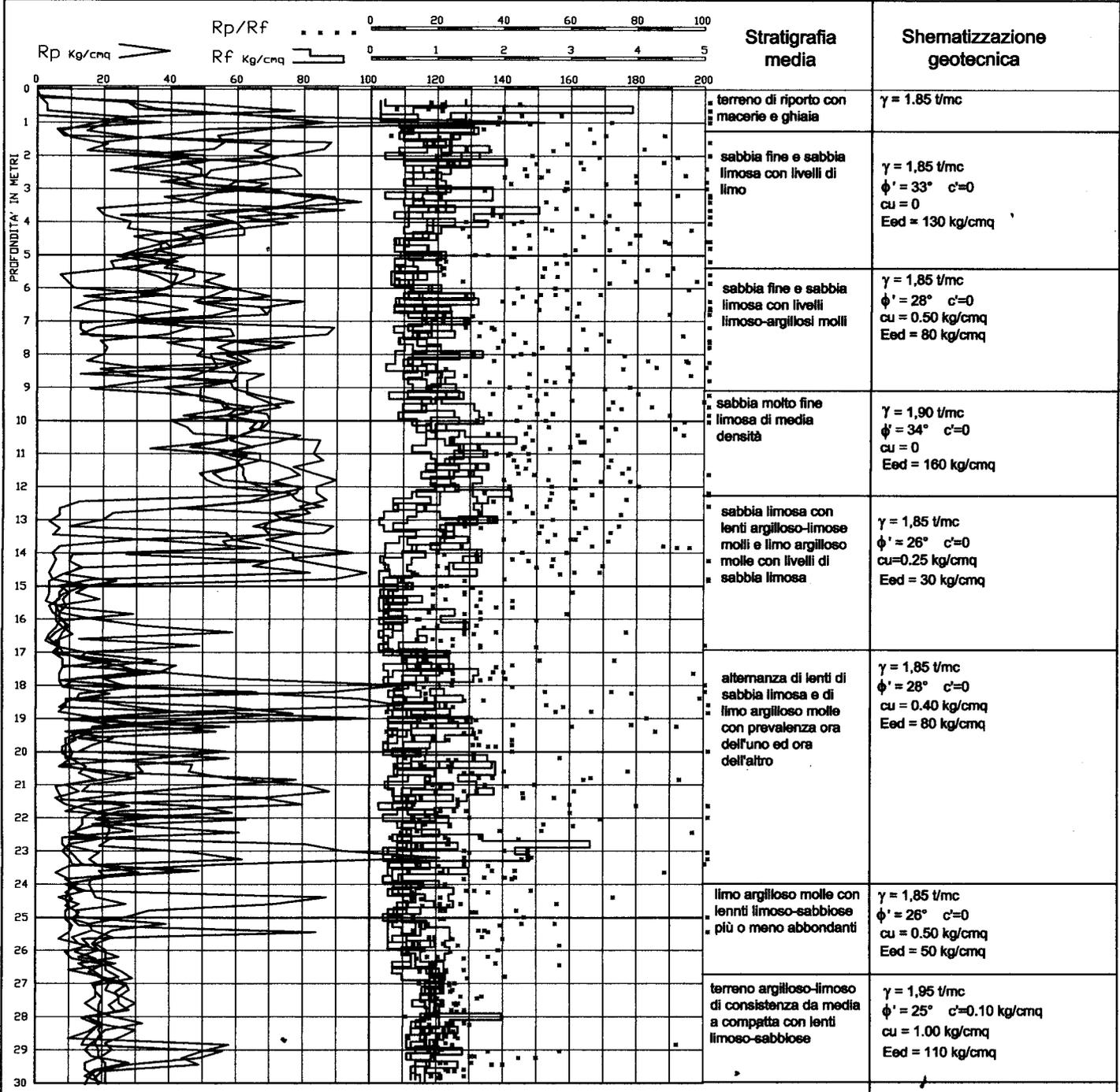
Committente SAPIR Porto Internodale Raven
 Lavoro AREA VITALACCIA
 Localita' RAVENNA, via Classicana
 Attrezzo Paganì 20 t.

QUOTA : p.c.
 LIV. ACQUA : -1.80

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Padre Genocchi, 222
 Tel.0547-27682 # Fax.0547-21128

ZONA "B"

Diagramma cumulativo delle CPT.3-4-5/13 e CPT2-4/16 con stratigrafia media e schematizzazione geotecnica



γ = densità naturale
 ϕ' = e c' = angolo di attrito e coesione in condizioni drenate
 cu = su = coesione non drenata o resistenza iniziale al taglio
 Eed = modulo edometrico

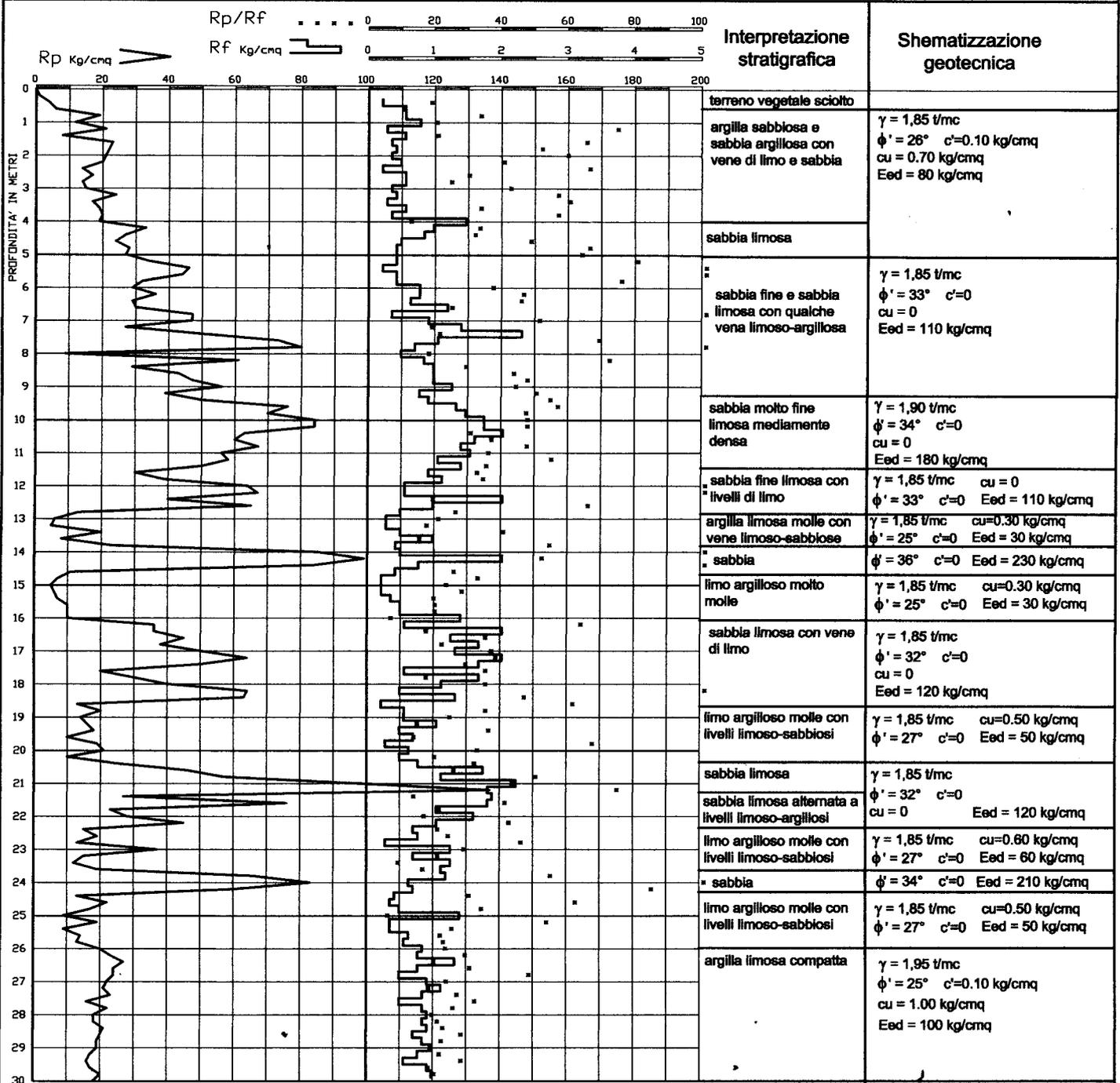
Committente **SAPIR ENGINEERING**
 Lavoro **Area Logistica PDCI - Vitalaccia**
 Localita' **Porto San Vitale**
 Attrezzo **Pagani 20 t.** Data **12/01/16**

LIV. ACQUA : **1.50**
 QUOTA : **p.c.**

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Don G.Dossatti n.28
 Tel.0547-27682 ■ Fax.0547-21128

ZONA "C"

PROVA STATICA N. 1/16 con interpretazione stratigrafica e schematizzazione geotecnica



γ = densità naturale

$cu = su$ = coesione non drenata o resistenza iniziale al taglio

$\phi' = e$ c' = angolo di attrito e coesione in condizioni drenate

Eed = modulo edometrico

TAVOLA V-1

Committente	SAPIR ENGINEERING	Dr. ANGELO ANGELI geologo
Lavoro	Area Logistica PDC1 - Vitalaccia	Cesena, via Don G. Dossetti n.28
Localita'	Porto San Vitale	Tel.0547-27682 * Fax.0547-21128
Attrezzatura	Paganì 20 t.	Data 12/01/16

PROVA STATICA N. 1/16	QUOTA : p.c.	LIV. ACQUA : 1.50
-----------------------	--------------	-------------------

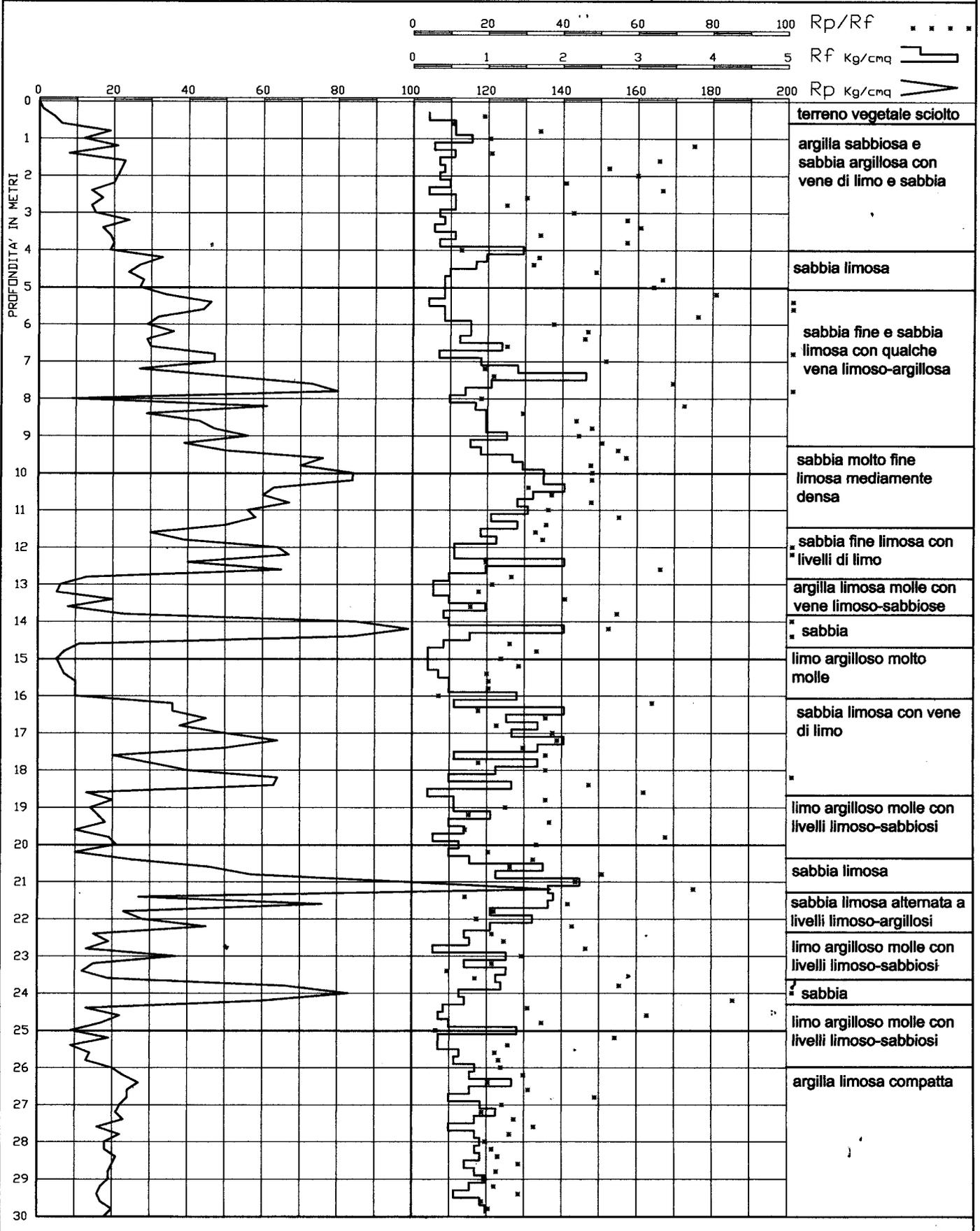


TAVOLA V-2

Committente **SAPIR ENGINEERING**
 Lavoro **Area Logistica PDC1-Vitalaccia**
 Localita' **Porto San Vitale**
 Attrezzo **Paganì 20 t.**

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Don G. Dossetti n.28
 Tel.0547-27682 * Fax.0547-21128

Data **12/01/16**

PROVA STATICA N. **2/16**

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : **-1.40**

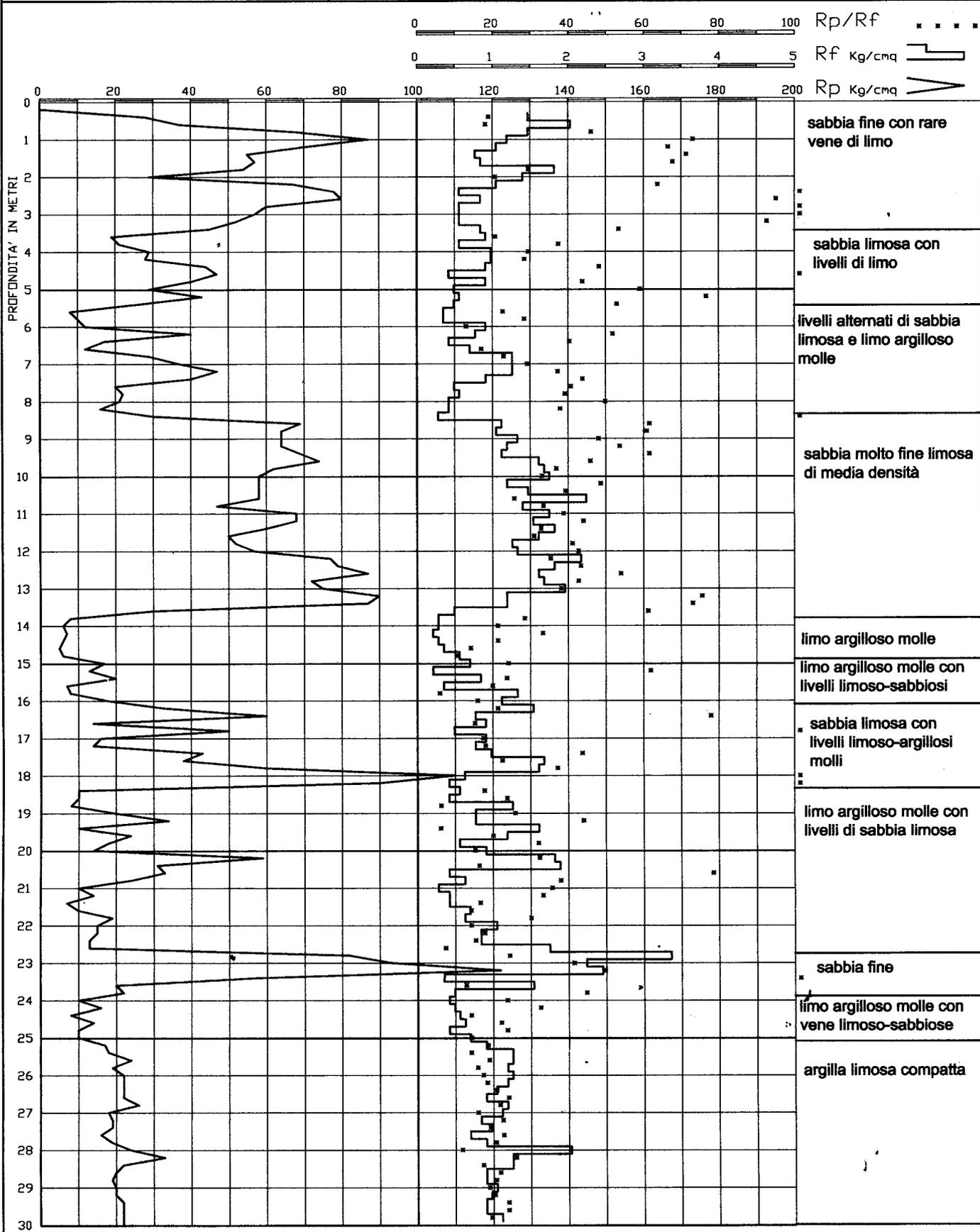


TAVOLA IV-3

Committente	SAPIR ENGINEERING	Dr. ANGELO ANGELI geologo
Lavoro	Area Logistica PDC1 - Vitalaccia	Cesena, via Don G. Dossetti n.28
Localita'	Porto San Vitale	Tel.0547-27692 * Fax.0547-21128
Attrezzo	Paganì 20 t.	Data 15/01/16

PROVA STATICA N. 3/16	QUOTA : p.c.	LIV. ACQUA : 2.00
-----------------------	--------------	-------------------

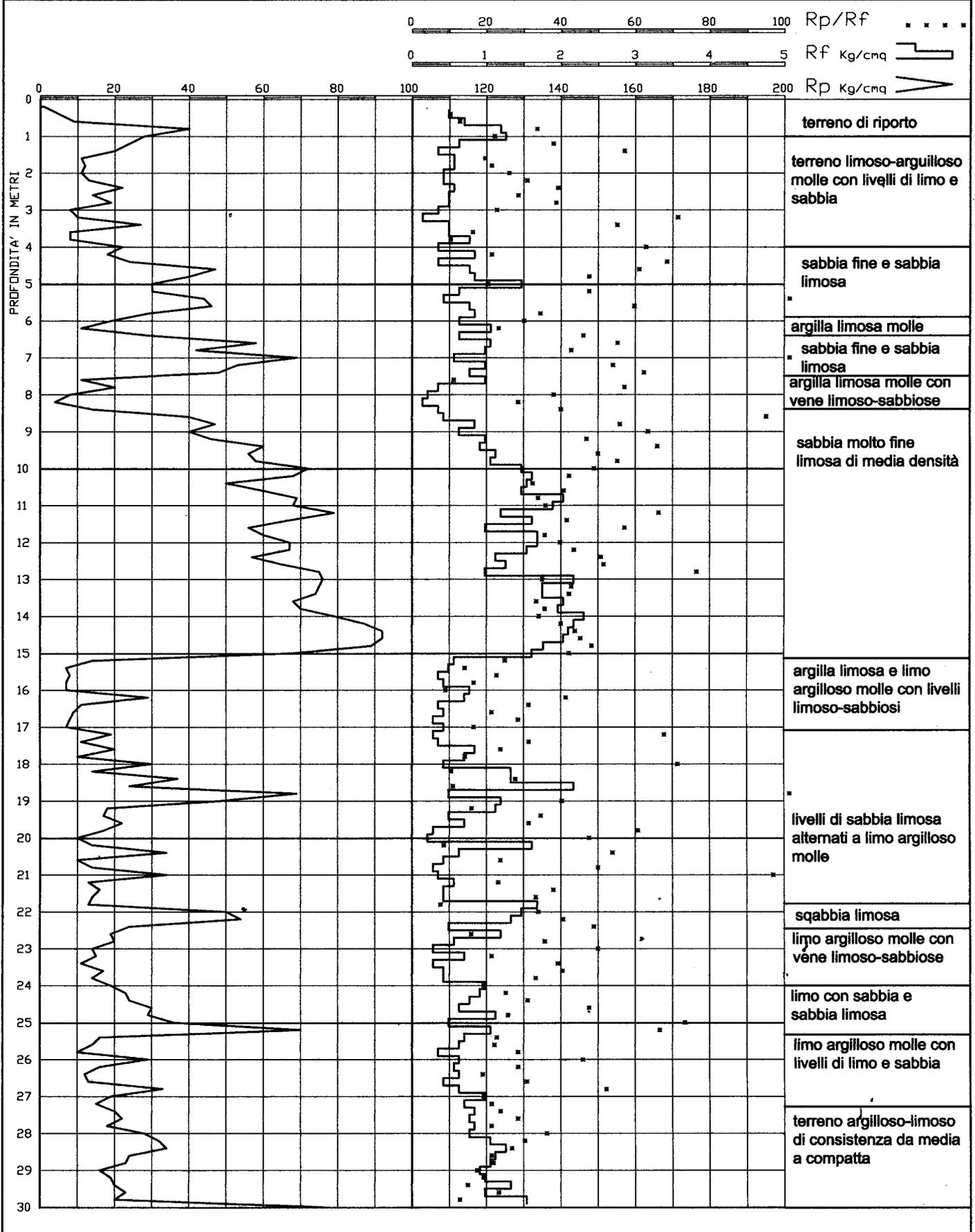


TAVOLA V-4

Committente SAPIR ENGINEERING Lavoro Area Logistica PDCI-Vitalacci Localita' Porto San Vitale Attrezzo Pagani 20 t.	Data 15/01/16	Dr. ANGELO ANGELI geologo Cesena, via Don G.Dossetti n.28 Tel.0547-27682 * Fax.0547-21128
--	----------------------	--

PROVA STATICA N. 4/16	QUOTA : p.c.	LIV. ACQUA : -1.80
-----------------------	--------------	--------------------

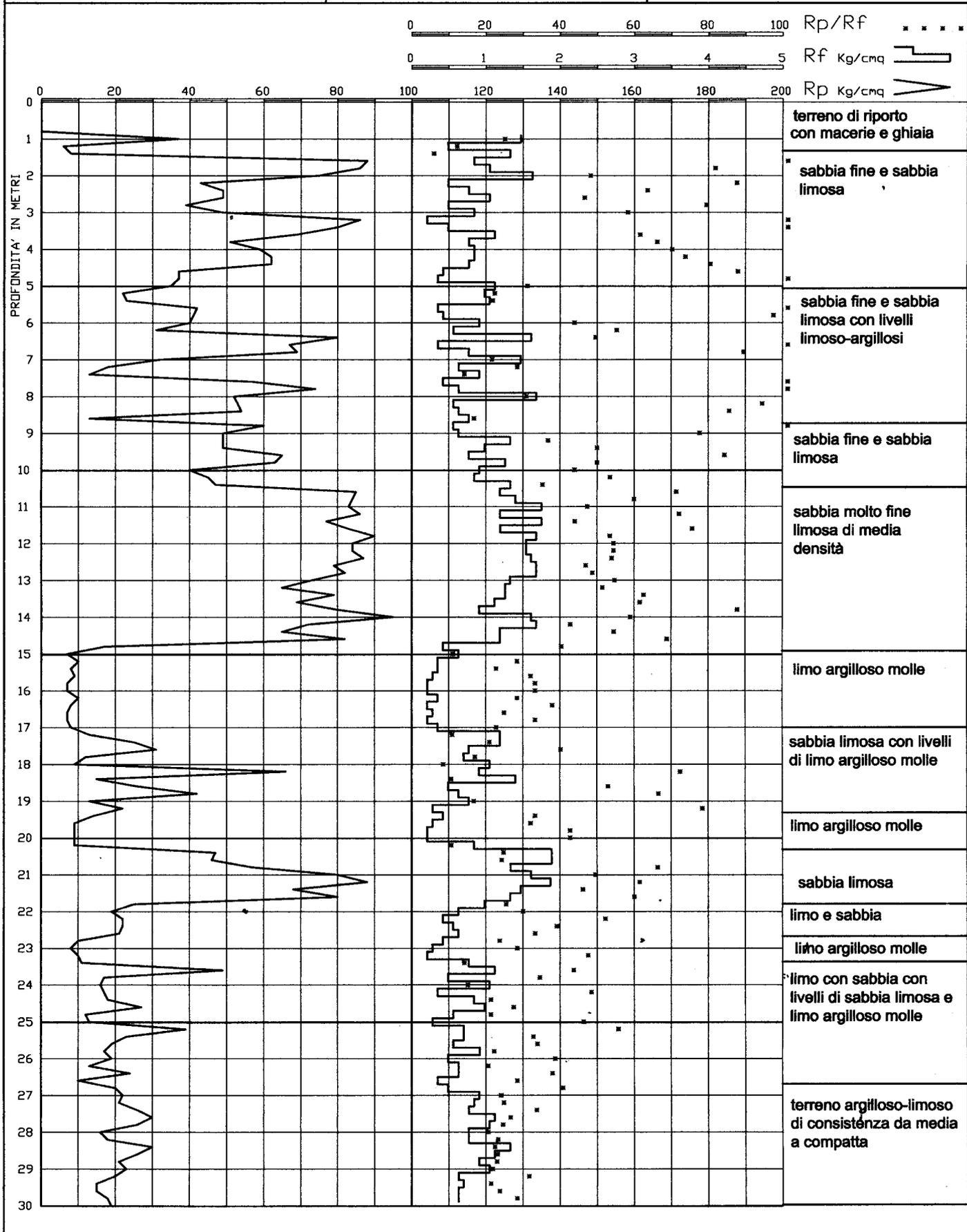


TAVOLA VI-5

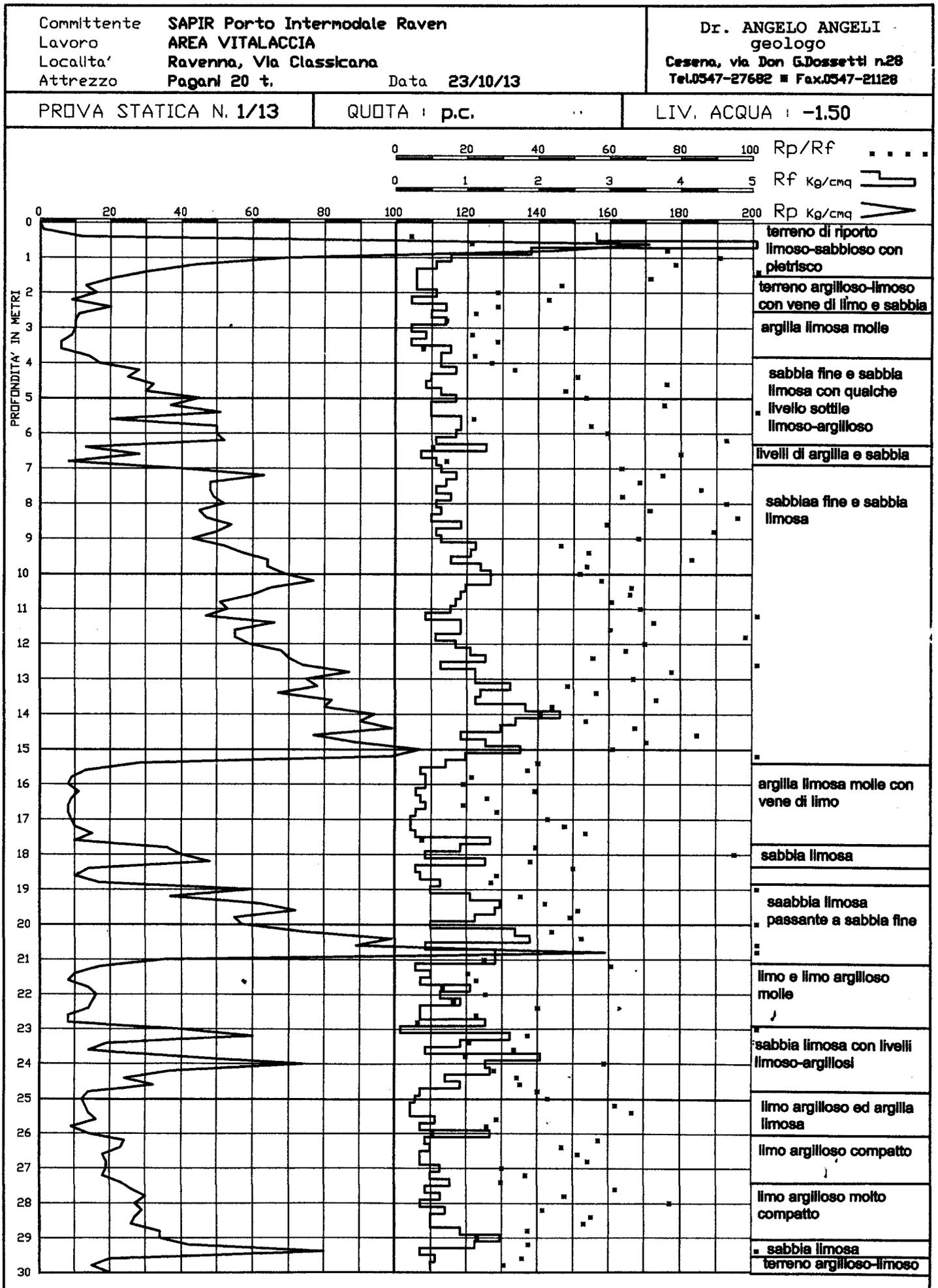


TAVOLA V-6

Committente **SAPIR Porto Intermodale Ravenna**
 Lavoro **AREA VITALACCIA**
 Localita' **Ravenna, Via Classicana**
 Attrezzo **Pagani 20 t.** Data **23/10713**

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Don G. Dossetti n.28
 Tel.0547-27682 ■ Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 2/13

QUOTA | p.c.

LIV. ACQUA | -1.50

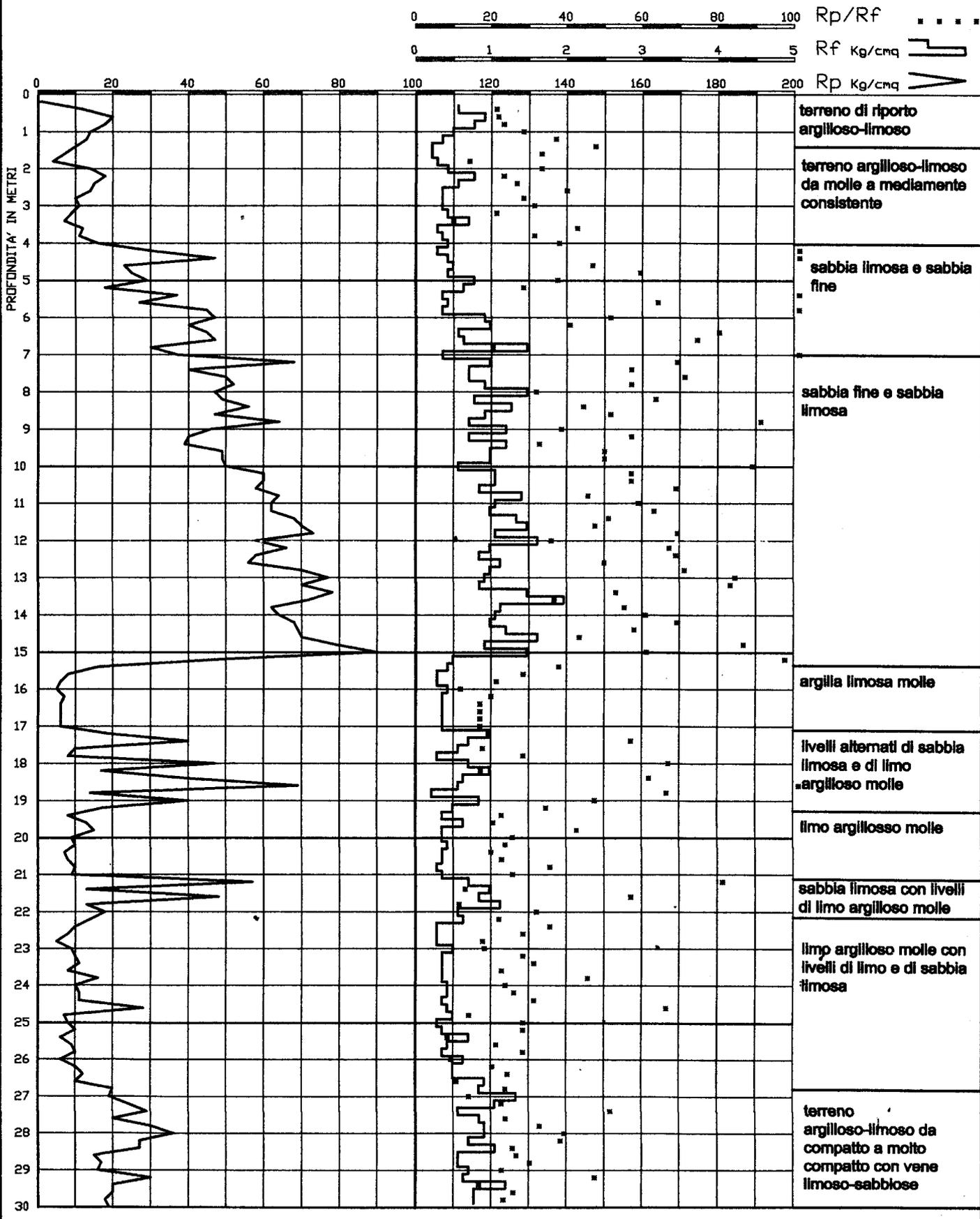


TAVOLA V-7

Committente **SAPIR Porto Intermodale Raven**
 Lavoro **AREA VITALACCIA**
 Localita' **RAVENNA, via Classicana**
 Attrezzo **Pagani 20 t.**

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Don G. Dossetti n.28
 Tel.0547-27682 ■ Fax.0547-21128

Data **24/10/13**

PROVA STATICA N. **3/13**

QUOTA : **p.c.**

LIV. ACQUA : **-1.80**

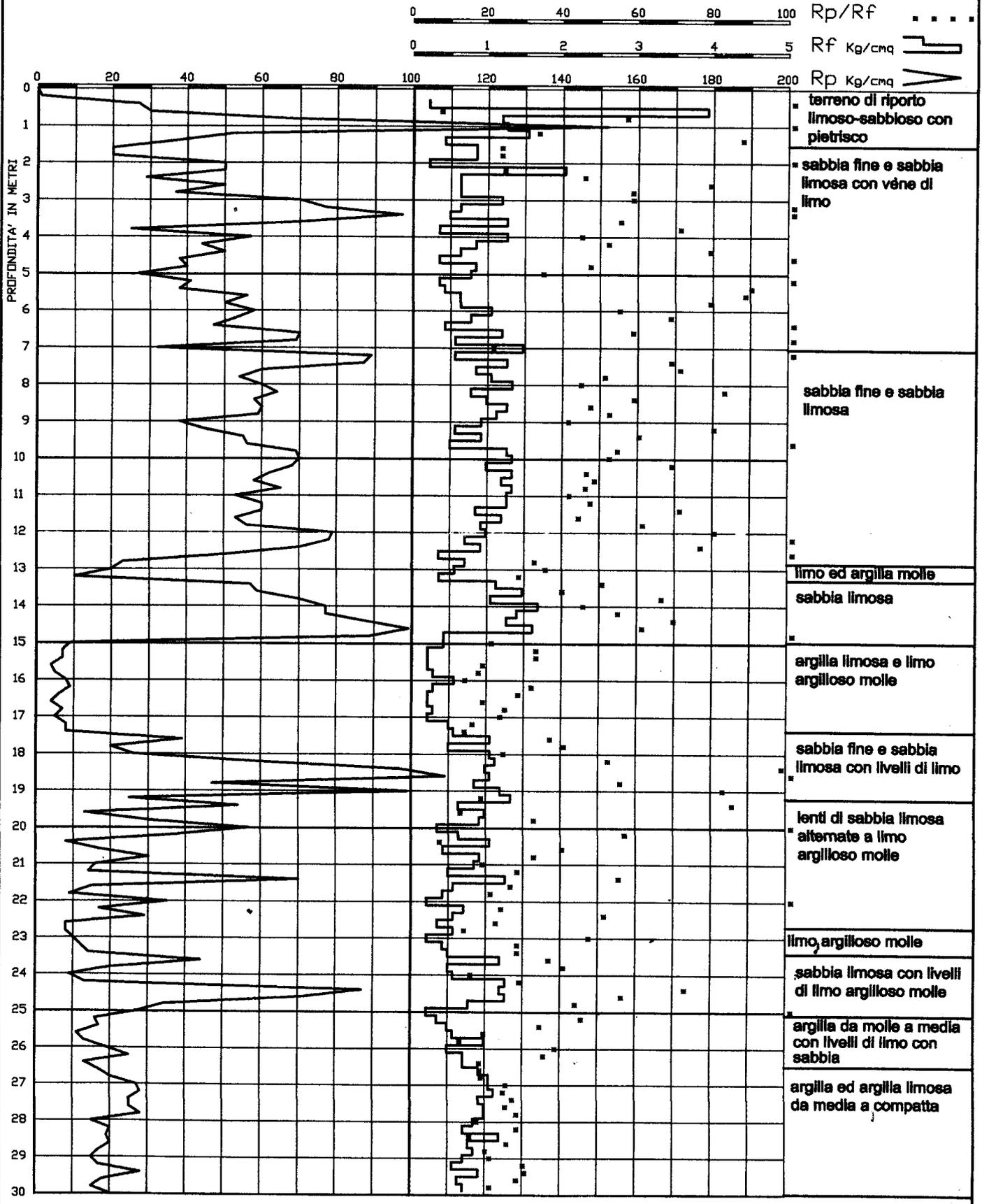


TAVOLA V-8

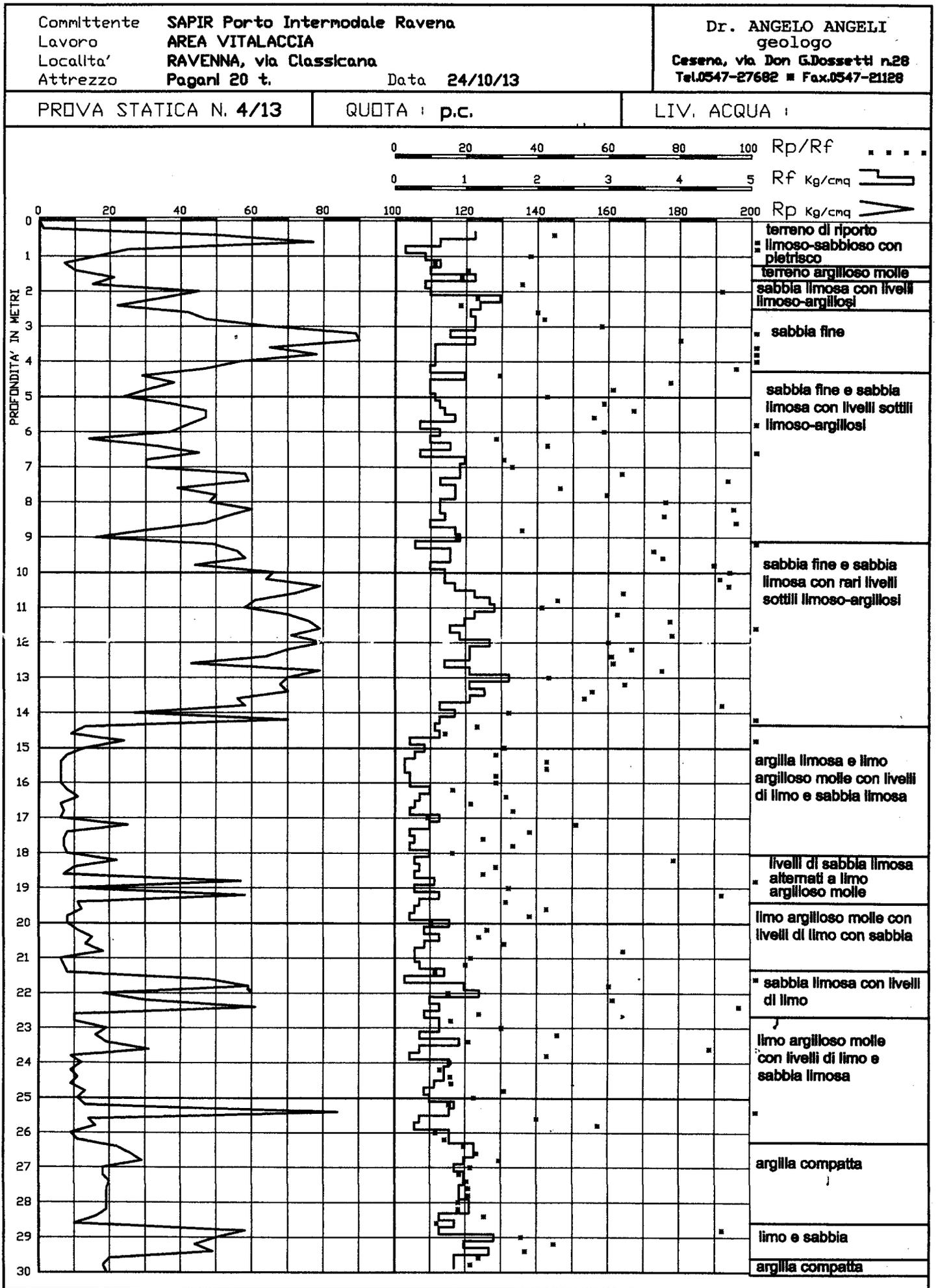
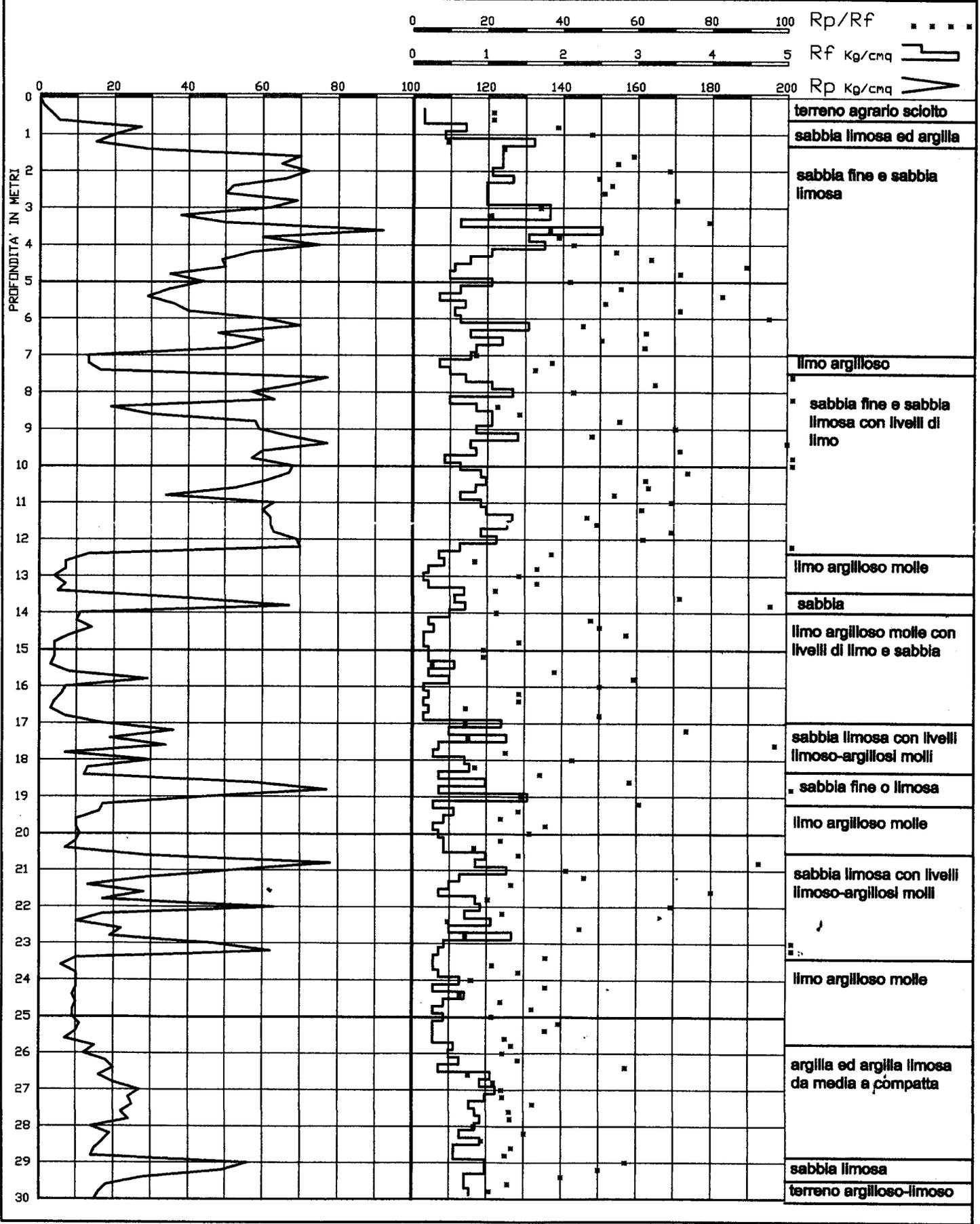


TAVOLA V-9

Committente	SAPIR Porto Intermodale Ravenna	Dr. ANGELO ANGELI geologo
Lavoro	AREA VITALACCIA	Cesena, via Don G. Dossetti n.28
Localita'	RAVENNA, via Classicana	Tel.0547-27682 ■ Fax.0547-21128
Attrezzatura	Pagani 20 t.	Data 24/10/13

PROVA STATICA N. 5/13 QUOTA | p.c. LIV. ACQUA | -2.00



Committente **SAPIR ENGINEERING**
 Cantiere **Area Logistica PDC1 - Vitalaccia**
 Localita' **Porto San Vitale**
 Data **23/12/15** Quota **p.c.**

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Don G.Dossetti n.28
 Tel.0547-27682 * Fax.0547-21128

SOND. N. 2/15 sistema di perforazione: ROTAZIONE diametro 101 mm
 rivestimento: Diametro 127 mm

PROF.	CAMP.	DESCRIZIONI	PENETROM. TASCABILE kg/cmq	TORVANE kg/cmq	CANNA	PIEZOMETRICA	FALDA	Wp	WL	% Passante al 200 ASTM
1										
2	A 1.30 B 1.80	ARGILLA LIMOSA GIALLA CON LIVELLI DI SABBIA	2.25 1.75	0.40 0.45						
3	C 2.60	SABBIA LIMOSA GRIGIA	0.25	0.15						
4	D 3.80									
5	E 4.70									
6	F 5.70	SABBIA MOLTO FINE LIMOSA GRIGIA CON LIVELLI SOTTILI DI SABBIA NERA TORBOSA CON TRITUME DI CONCHIGLIE ED ALCUNI LIVELLI ARGILLOSO-LIMOSI MOLLI A METRI 7.00-7.10; 9.00-9.20								
7	G 6.40									
8	H 7.40									
9	I 8.30 L 9.00									
10	M 10.40									
11	N 11.60									
12										
13	O 12.60 P 13.30	ARGILLA LIMOSA SCURA MOLLE	0.50 0.30	0.20 0.15						
14	Q 14.40	LIMO ARGILLOSO GRIGIO MOLTO MOLLE E SABBIA MOLTO FINE LIMOSA LEGGIERMENTE ARGILLOSA	0.50	0.15						
15		n. 3 cassette catalogatrici								

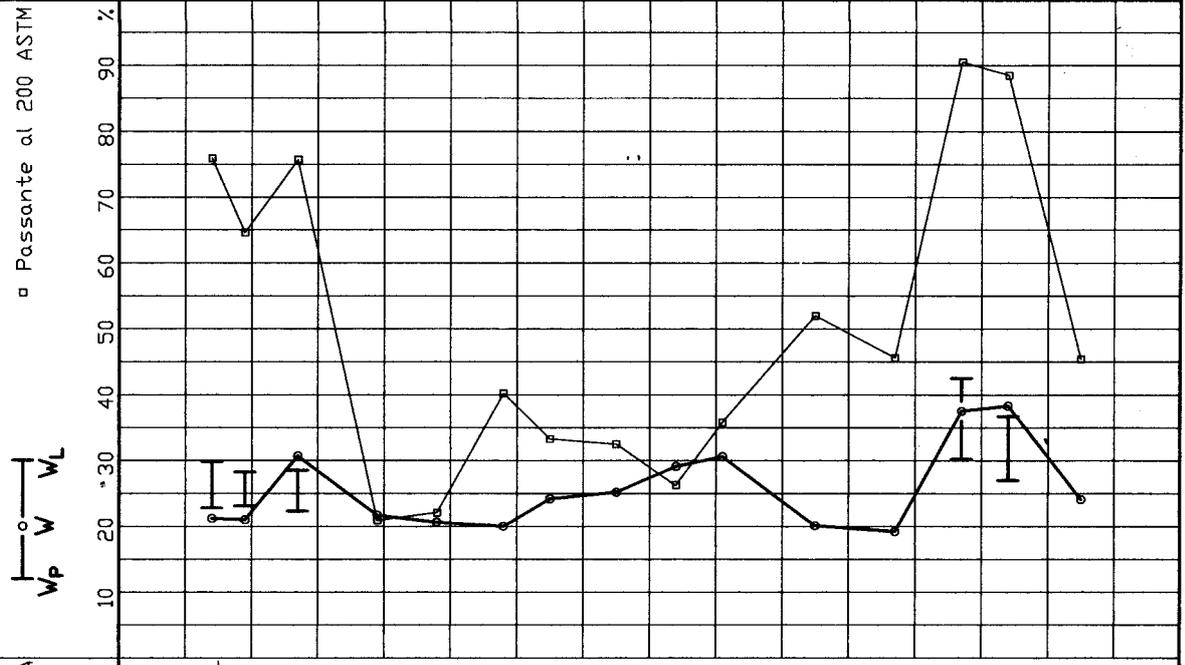


TAVOLA VIII-1

Studio di Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena - tel. 054727682							
Laboratorio Geotecnico							
Committente : SAPIR ENGINEERING							
Cantiere: Area Logistica POC1 - Vitalaccia							
Data : Dicembre 2015							
QUADRO RIASSUNTIVO CARATTERISTICHE INDICE							
Sondaggio n.		1	1	1	1	1	1
Campione n.		A	B	C	D	E	F
Profondità :	da m	1.70	2.20	2.70	3.10	4.10	5.40
	a m	1.90	2.40	2.85	3.30	4.30	5.60
Umidità naturale (w)	%	29.25	27.23	31.23	48.04	22.13	23.29
Densità granuli (Ys)	g/cmc	2.70	2.70		2.70		
Densità naturale (Y)	g/cmc	1.95	1.98		1.74		
Densità secca (Yd)	g/cmc	1.51	1.56		1.18		
Indice dei vuoti (e)		0.79	0.74		1.30		
Porosità (n)	%	0.44	0.42		0.56		
Grado di saturaz. (Sr)	%	99.9	100.0		99.9		
Pass. al setaccio 1" (mm 25,4)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio 1/2" (mm 12,7)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 4 (mm 4,76)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 10 (mm 2,00)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	99.73	100.00
Pass. al setaccio n. 40 (mm 0,42)	%	99.83	99.99	99.93	99.89	99.27	99.95
Pass. al setaccio n. 80 (mm 0,177)	%	99.41	99.83	97.00	99.51	84.87	99.41
Pass. al setaccio n.200(mm 0,074)	%	97.65	97.64	53.56	97.21	33.01	35.82
Limite di Liquidità (Wl)	%	50.0	40.0		43.0		
Limite di Plasticità (Wp)	%	26.6	22.9		25.9		
Indice di Plasticità (Ip)	%	23.4	17.1		17.1		
Indice di Consistenza (Ic)		0.89	0.75		-0.29		
Descrizione del campione		argilla	argilla	sabbia	argilla	sabbia	sabbia
		limosa	limosa	fine e	limosa	fine	fine
		grigio scura	giallo-grigia	limo giallo	grigio	limosa	limosa
		di media	di media	con tracce	scura	grigia	grigia
		consistenza	consisten-	di torba	molle	con vene	
			za		con tracce	limoso	
					di torba	argillose	
						molli	
Resist. al penetr. tascabile (qu)	kg/cmq	1.50	1.50		0.25		
Resistenza al torvane (cu)	kg/cmq	0.60	0.70		0.15		

TAVOLA VII - 2

Studio di Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena - tel. 054727682							
Laboratorio Geotecnico							
Committente : SAPIR ENGINEERING							
Cantiere: Area Logistica POC1 - Vitalaccia							
Data : Dicembre 2015							
QUADRO RIASSUNTIVO CARATTERISTICHE INDICE							
Sondaggio n.		1	1	1	1	1	1
Campione n.		G	H	I	L	M	N
Profondità :	da m	6.80	8.60	9.50	10.30	11.20	12.80
	7	7.00	8.80	9.70	10.50	11.40	12.90
Umidità naturale (w)	%	58.10	23.41	23.15	17.52	22.79	19.93
Densità granuli (Ys)	g/cmc	2.70					
Densità naturale (Y)	g/cmc	1.66					
Densità secca (Yd)	g/cmc	1.05					
Indice dei vuoti (e)		1.57					
Porosità (n)	%	0.61					
Grado di saturaz. (Sr)	%	100.0					
Pass. al setaccio 1" (mm 25,4)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio 1/2" (mm 12,7)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 4 (mm 4,76)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 10 (mm 2,00)	%	99.79	99.97	100.00	99.78	99.94	99.92
Pass. al setaccio n. 40 (mm 0,42)	%	98.94	99.78	99.95	99.73	99.88	99.76
Pass. al setaccio n. 80 (mm 0,177)	%	98.75	98.60	99.34	99.16	99.11	99.33
Pass. al setaccio n.200(mm 0,074)	%	98.22	39.25	39.32	37.10	40.48	44.48
Limite di Liquidità (Wl)	%	58.1					
Limite di Plasticità (Wp)	%	30.7					
Indice di Plasticità (Ip)	%	27.4					
Indice di Consistenza (Ic)		0.00					
Descrizione del campione		argilla	sabbia	sabbia	sabbia	sabbia	sabbia
		limosa	fine	fine	fine	fine	fine
		scura	limosa	limosa	limosa	limosa	limosa
		molle	grigia	grigia	grigia	grigia	grigia
		con		con vene			
		piccole		di limo			
		conchiglie		compatto			
Resist. al penetr. tascabile (qu)	kg/cmq	0.25					
Resistenza al torvane (cu)	kg/cmq	0.12					

TAVOLA VII-3

Studio di Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena - tel. 054727682						
Laboratorio Geotecnico						
Committente : SAPIR ENGINEERING						
Cantiere: Area Logistica POC1 - Vitalaccia						
Data : Dicembre 2015						
QUADRO RIASSUNTIVO CARATTERISTICHE INDICE						
Sondaggio n.		1	1	1		
Campione n.		O	P	1		
Profondità :	da m	13.30	14.30	15.20		
	7	13.50	14.50	15.70		
Umidità naturale (w)	%	43.35	27.89	31.69		
Densità granuli (Ys)	g/cmc			2.70		
Densità naturale (Y)	g/cmc			1.92		
Densità secca (Yd)	g/cmc			1.46		
Indice dei vuoti (e)				0.86		
Porosità (n)	%			0.46		
Grado di saturaz. (Sr)	%			100.0		
Pass. al setaccio 1" (mm 25,4)	%	100.00	100.00	100.00		
Pass. al setaccio 1/2" (mm 12,7)	%	100.00	100.00	100.00		
Pass. al setaccio n. 4 (mm 4,76)	%	100.00	100.00	100.00		
Pass. al setaccio n. 10 (mm 2,00)	%	99.95	99.30	99.96		
Pass. al setaccio n. 40 (mm 0,42)	%	99.73	99.02	99.89		
Pass. al setaccio n. 80 (mm 0,177)	%	99.24	98.44	99.82		
Pass. al setaccio n.200(mm 0,074)	%	45.16	39.28	95.49		
Limite di Liquidità (Wl)	%			30.8		
Limite di Plasticità (Wp)	%			23.0		
Indice di Plasticità (Ip)	%			7.8		
Indice di Consistenza (Ic)				-0.11		
Descrizione del campione		sabbia	sabbia	limo		
		molto	fine	argilloso		
		fine	limosa	grigio		
		limosa	grigia	molto		
		con vene		molle		
		di limo				
Resist. al penetr. tascabile (qu)	kg/cmq			0.50		
Resistenza al torvane (cu)	kg/cmq			0.20		

TAVOLA VII-4

Studio di Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena - tel. 054727682							
Laboratorio Geotecnico							
Committente : SAPIR ENGINEERING							
Cantiere: Area Logistica POC1 - Vitalaccia							
Data : Dicembre 2015							
QUADRO RIASSUNTIVO CARATTERISTICHE INDICE							
Sondaggio n.		2	2	2	2	2	2
Campione n.		A	B	C	D	E	F
Profondità :	da m	1.30	1.80	2.60	3.80	4.70	5.70
	a m	1.50	2.00	2.80	3.90	4.90	5.90
Umidità naturale (w)	%	21.21	21.05	30.67	21.66	23.18	19.96
Densità granuli (Ys)	g/cmc	2.70	2.70	2.70			
Densità naturale (Y)	g/cmc	2.04	2.06	1.93			
Densità secca (Yd)	g/cmc	1.68	1.70	1.48			
Indice dei vuoti (e)		0.61	0.59	0.83			
Porosità (n)	%	0.38	0.37	0.45			
Grado di saturaz. (Sr)	%	94.3	96.6	100.0			
Pass. al setaccio 1" (mm 25,4)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio 1/2" (mm 12,7)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 4 (mm 4,76)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 10 (mm 2,00)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	99.80	100.00
Pass. al setaccio n. 40 (mm 0,42)	%	99.94	99.88	99.83	85.98	83.76	99.42
Pass. al setaccio n. 80 (mm 0,177)	%	94.14	88.33	98.08	42.31	47.60	92.73
Pass. al setaccio n.200(mm 0,074)	%	75.91	64.57	75.73	20.85	22.09	40.20
Limite di Liquidità (WI)	%	29.8	28.2	28.5			
Limite di Plasticità (Wp)	%	22.8	23.1	22.3			
Indice di Plasticità (Ip)	%	7.0	5.1	6.2			
Indice di Consistenza (Ic)		1.23	1.40	-0.35			
Descrizione del campione		argilla	argilla	argilla	sabbia	sabbia	sabbia
		sabbiosa	sabbiosa	limoso	giallo	grigia	fine
		giallo-bruna	bruna	sabbiosa	bruna		limosa
		compatta	di media con-	gialla	limosa		grigio
			sistenza	molto			scuro
			molle				
Resist. al penetr. tascabile (qu)	kg/cmq	2,25	1.75	0.25			
Resistenza al torvane (cu)	kg/cmq	0.40	0.45	0.15			

TAVOLA VII-5

Studio di Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena - tel. 054727682							
Laboratorio Geotecnico							
Committente : SAPIR ENGINEERING							
Cantiere: Area Logistica POC1 - Vitalaccia							
Data : Dicembre 2015							
QUADRO RIASSUNTIVO CARATTERISTICHE INDICE							
Sondaggio n.		2	2	2	2	2	2
Campione n.		G	H	I	L	M	N
Profondità :	da m	6.40	7.40	8.30	9.00	10.40	11.60
	a m	6.60	7.60	8.50	9.20	10.60	11.80
Umidità naturale (w)	%	24.19	25.21	29.12	30.61	20.13	19.17
Densità granuli (Ys)	g/cmc						
Densità naturale (Y)	g/cmc						
Densità secca (Yd)	g/cmc						
Indice dei vuoti (e)							
Porosità (n)	%						
Grado di saturaz. (Sr)	%						
Pass. al setaccio 1" (mm 25,4)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio 1/2" (mm 12,7)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 4 (mm 4,76)	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pass. al setaccio n. 10 (mm 2,00)	%	100.00	99.91	99.93	99.99	100.00	99.93
Pass. al setaccio n. 40 (mm 0,42)	%	99.25	98.19	99.68	99.89	99.78	97.97
Pass. al setaccio n. 80 (mm 0,177)	%	92.08	89.62	88.54	97.97	99.05	94.55
Pass. al setaccio n.200(mm 0,074)	%	33.31	32.45	26.25	35.79	52.01	45.57
Limite di Liquidità (Wl)	%						
Limite di Plasticità (Wp)	%						
Indice di Plasticità (Ip)	%						
Indice di Consistenza (Ic)							
Descrizione del campione		sabbia	sabbia	sabbia	sabbia	sabbia	sabbia
		fine	fine limosa	fine	fine	molto	molto fine
		limosa	grigia	limosa	limosa	fine e	limosa
		grigia	con vene di	grigis	grogio	limo	grigia
			sabbia nera		scura	grigia	
			torbosa				
			con tritume				
			di conchiglie				
Resist. al penetr. tascabile (qu)	kg/cmq						
Resistenza al torvane (cu)	kg/cmq						

TAVOLA VII-6

Studio di Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena - tel. 054727682						
Laboratorio Geotecnico						
Committente : SAPIR ENGINEERING						
Cantiere: Area Logistica POC1 - Vitalaccia						
Data : Dicembre 2015						
QUADRO RIASSUNTIVO CARATTERISTICHE INDICE						
Sondaggio n.		2	2	2		
Campione n.		O	P	Q		
Profondità :	da m	12.60	13.30	14.40		
	a m	12.80	15.50	14.60		
Umidità naturale (w)	%	37.46	38.31	24.13		
Densità granuli (Ys)	g/cmc	2.70	2.70	2.70		
Densità naturale (Y)	g/cmc	1.84	1.84	2.02		
Densità secca (Yd)	g/cmc	1.34	1.33	1.63		
Indice dei vuoti (e)		1.01	1.03	0.66		
Porosità (n)	%	0.50	0.51	0.40		
Grado di saturaz. (Sr)	%	100.0	100.0	99.2		
Pass. al setaccio 1" (mm 25,4)	%	100.00	100.00	100.00		
Pass. al setaccio 1/2" (mm 12,7)	%	100.00	100.00	100.00		
Pass. al setaccio n. 4 (mm 4,76)	%	100.00	100.00	100.00		
Pass. al setaccio n. 10 (mm 2,00)	%	100.00	99.76	99.89		
Pass. al setaccio n. 40 (mm 0,42)	%	99.87	99.57	98.77		
Pass. al setaccio n. 80 (mm 0,177)	%	99.62	99.22	96.87		
Pass. al setaccio n.200(mm 0,074)	%	90.51	88.49	45.43		
Limite di Liquidità (Wl)	%	42.5	36.7	20.0		
Limite di Plasticità (Wp)	%	30.2	27.0	n.p.		
Indice di Plasticità (Ip)	%	12.3	9.7			
Indice di Consistenza (Ic)		0.41	-0.17			
Descrizione del campione		argilla	limo	sabbia		
		limosa	argilloso	molto fine		
		con sabbia	con sabbia	limoso-argil-		
		scura	scuro	losa scura		
		molto	molto			
		molle	molle			
Resist. al penetr. tascabile (qu)	kg/cmq	0.50	0.30	0.50		
Resistenza al torvane (cu)	kg/cmq	0.20	0.15	0.15		

Impresa Geotecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena, via Don G. Dossetti n.28

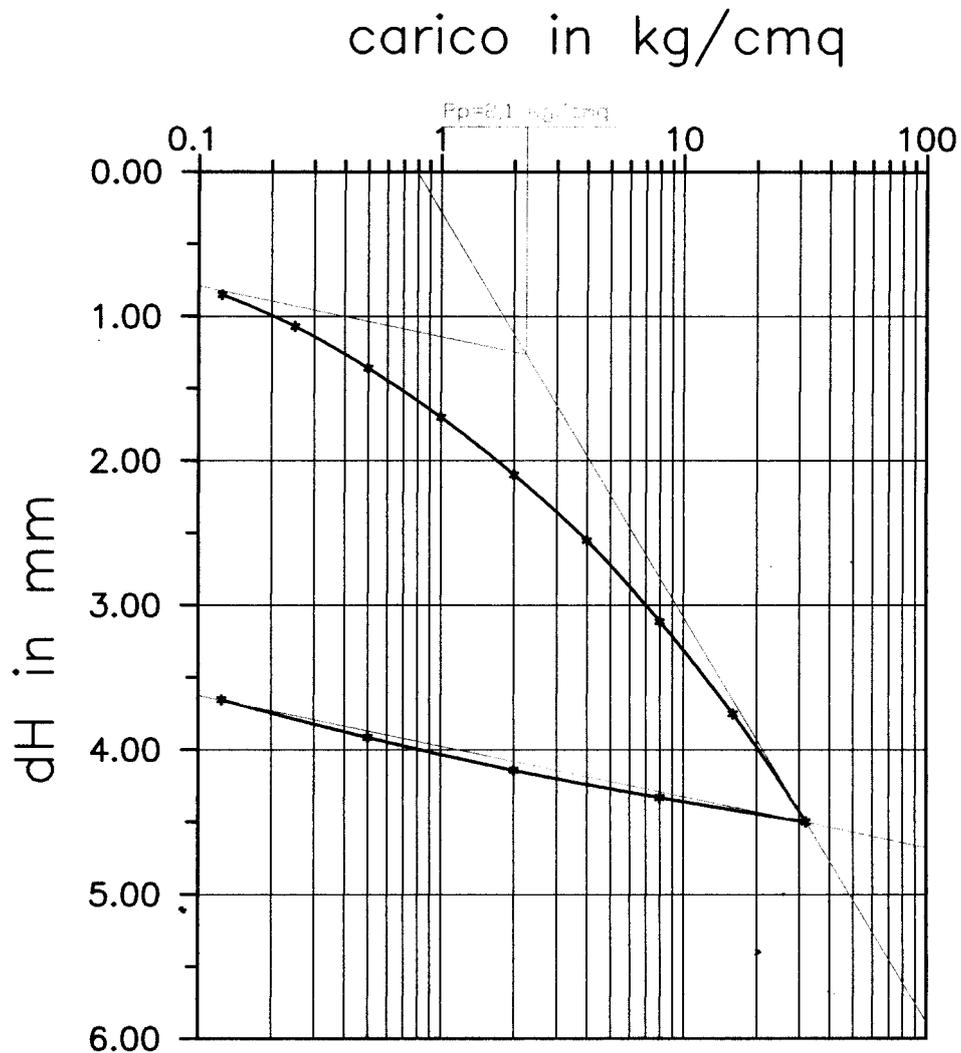
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Curva Carico - Cedimento

Committente: SAPIR ENGINEERING

Cantiere : Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Sond. n.1 Camp. n.1 Prof. m : 15.20-15.70



Impresa Geotecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena, via Padre Genocchi n.222

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

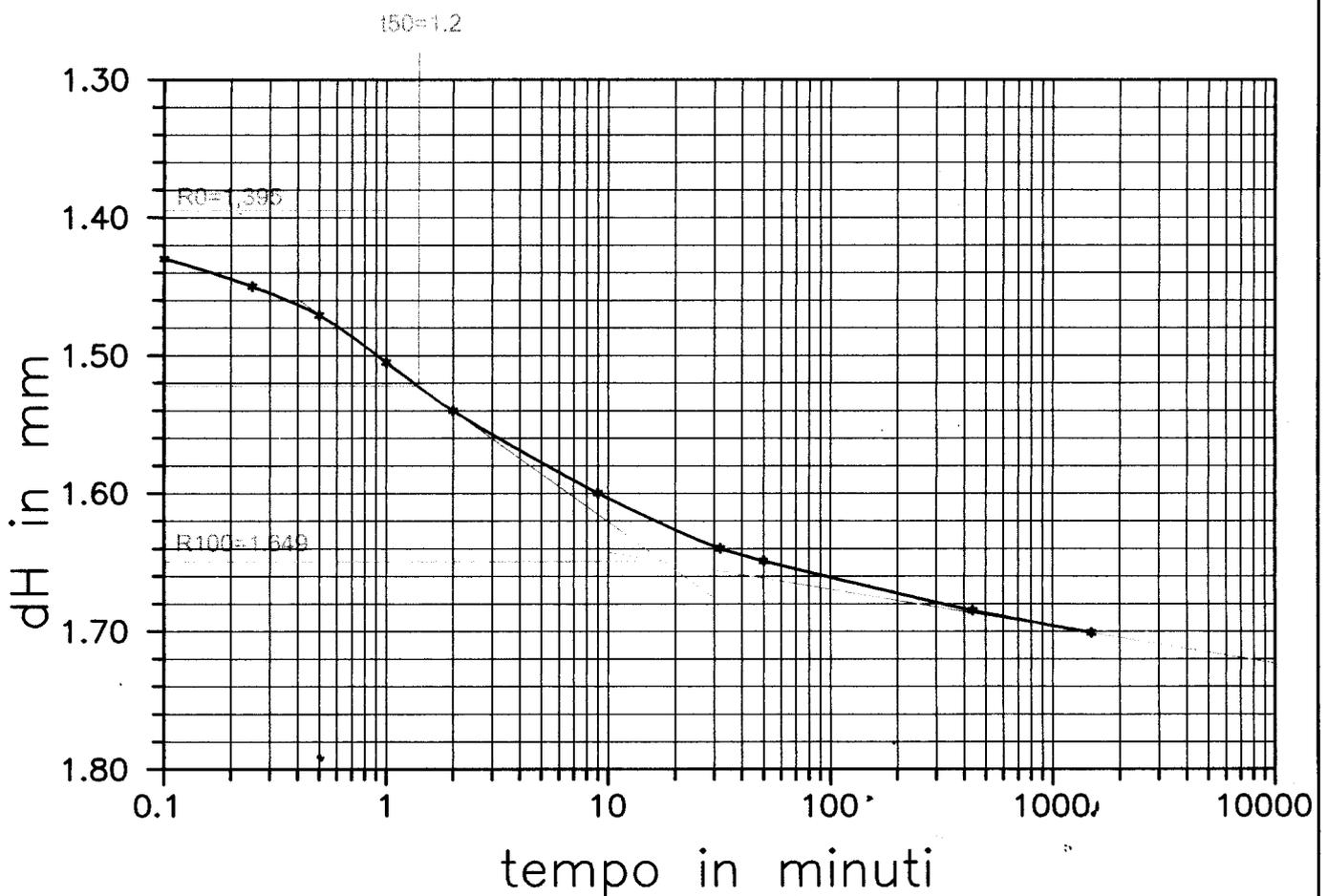
Curva Cedimento - Tempo

Committente : SAPIR ENGINEERING

Cantiere : Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Sond. n.1 Camp. n.1 Prof. : m 15.20-15.70

Intervallo di carico : da 0.50 a 1.00 kg/cmq



T50 = 1.2 min.

R0 = 0,1395 cm

R100 = 0,1649 cm

Impresa Geotecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena, via Padre Genocchi n.222

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

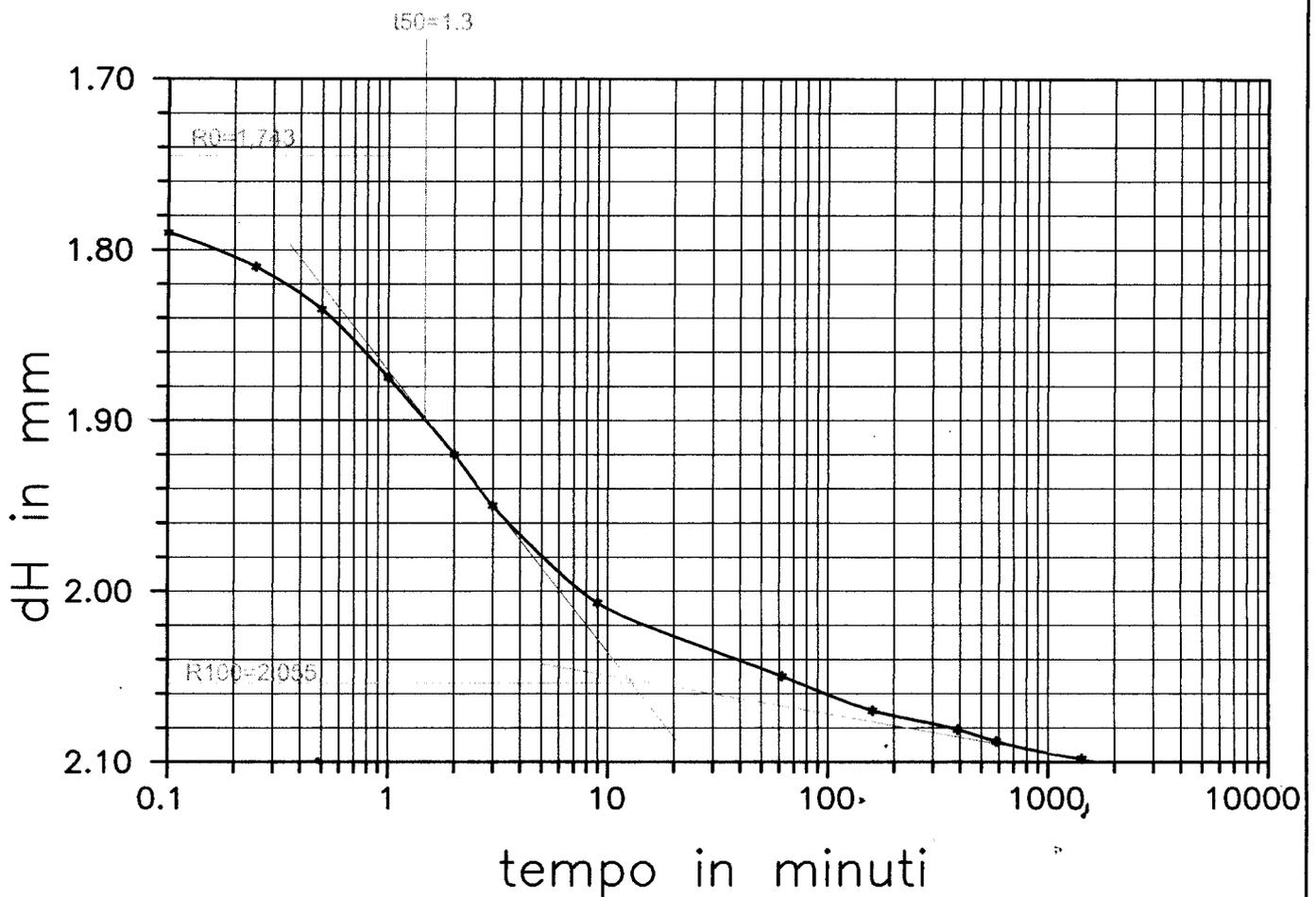
Curva Cedimento - Tempo

Committente : SAPIR ENGINEERING

Cantiere : Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Sond. n.1 Camp. n.1 Prof. : m 15.20-15.70

Intervallo di carico : da 1.00 a 2,00 kg/cmq



T50 = 1.3 min.

R0 = 0,1743 cm

R100 = 0,2055 cm

Impresa Geotecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena, via Padre Genocchi n.222

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

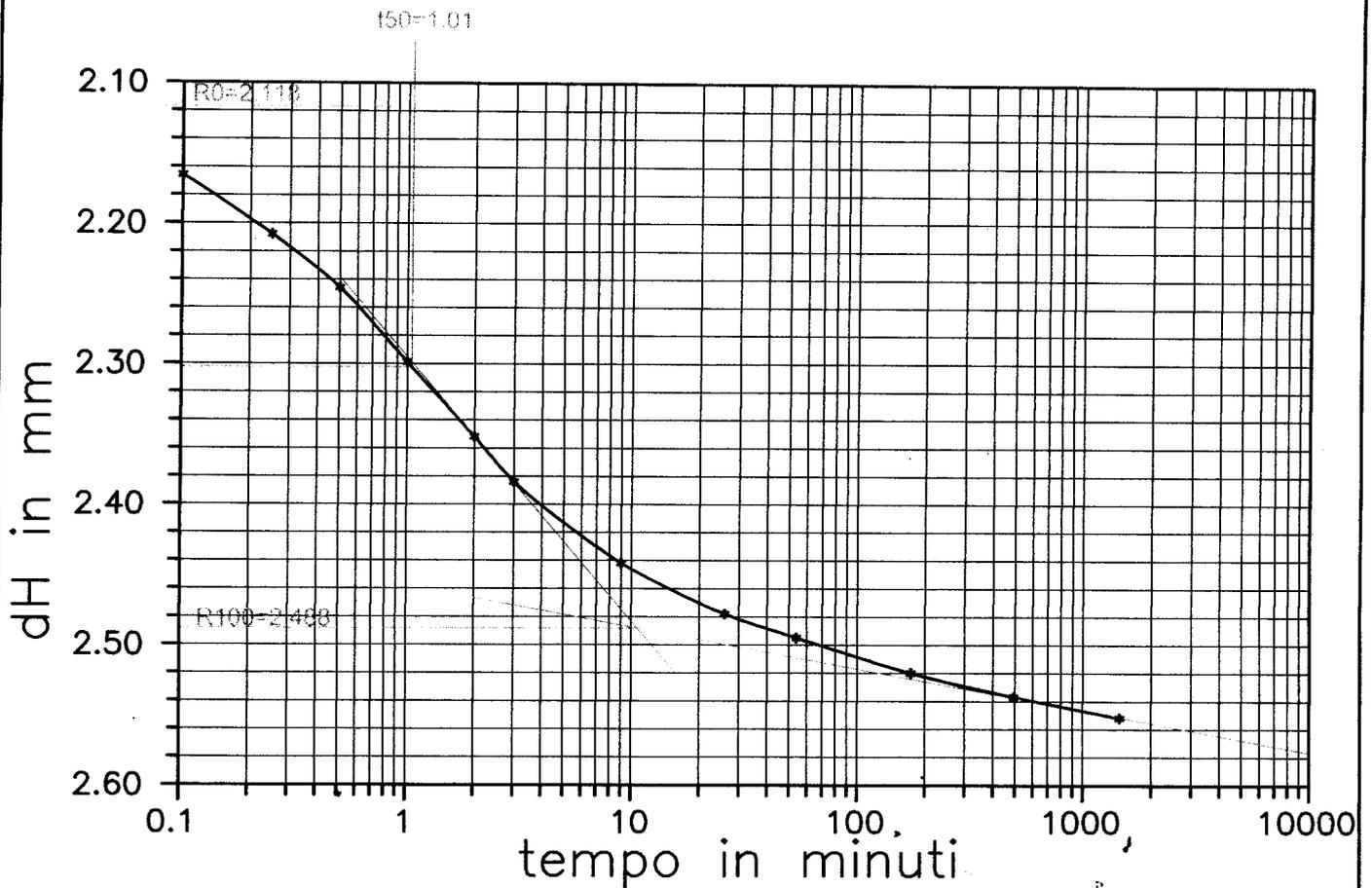
Curva Cedimento - Tempo

Committente : SAPIR ENGINEERING

Cantiere : Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Sond. n.1 Camp. n.1 Prof. : m 15.20-15.70

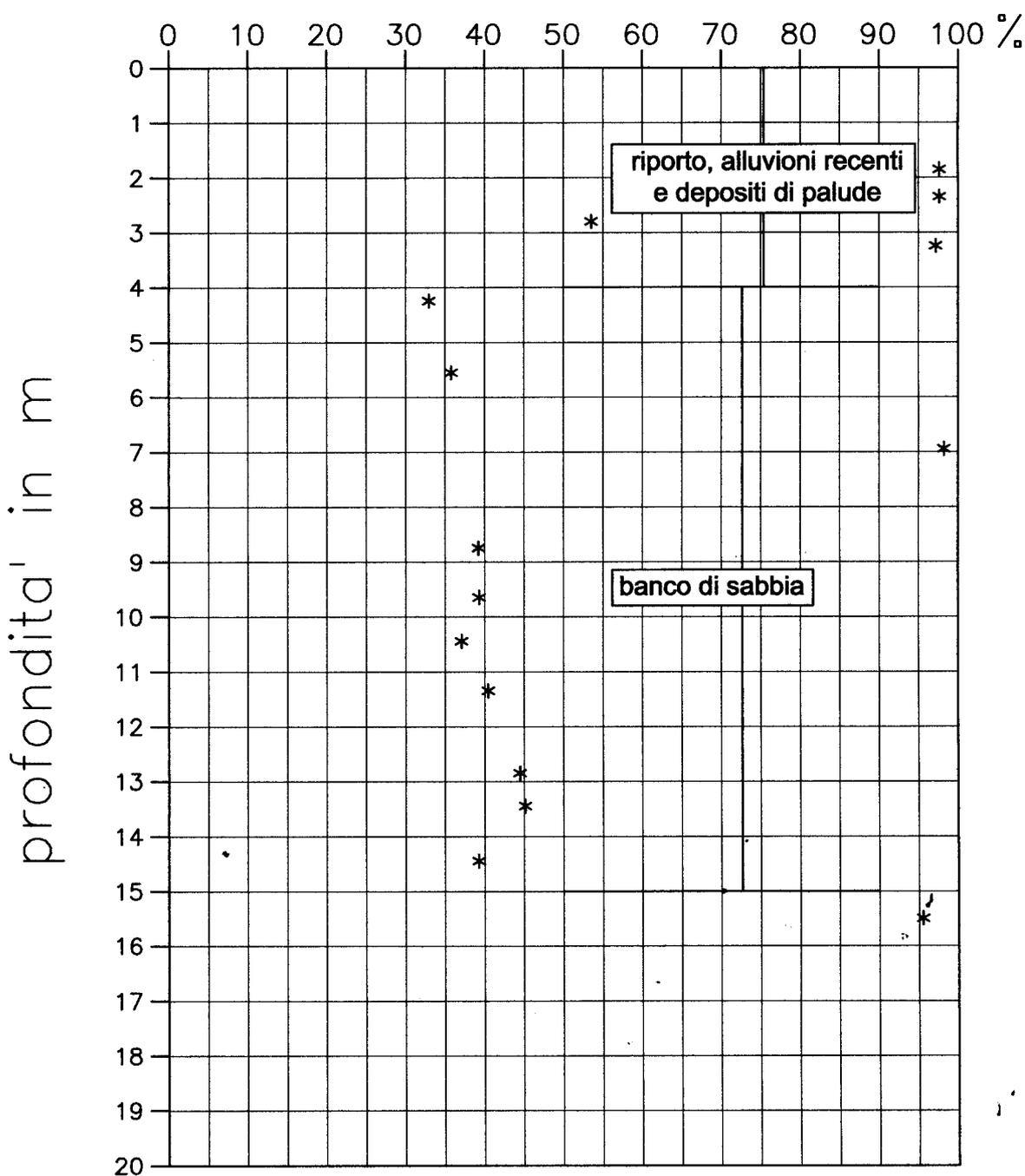
Intervallo di carico : da 2.00 a 4.00 kg/cmq



T50	= 1,01 min.
R0	= 0,2118 cm
R100	= 0,2488 cm

AREA LOGISTICA POC1 - VITALACCIA

Passante al setaccio n.200 (FC)
rilevato sui campioni del sondaggio S.1/15



AREA LOGISTICA POC1 - VITALACCIA

Passante al setaccio n.200 (FC)
rilevato sui campioni del sondaggio S.2/15

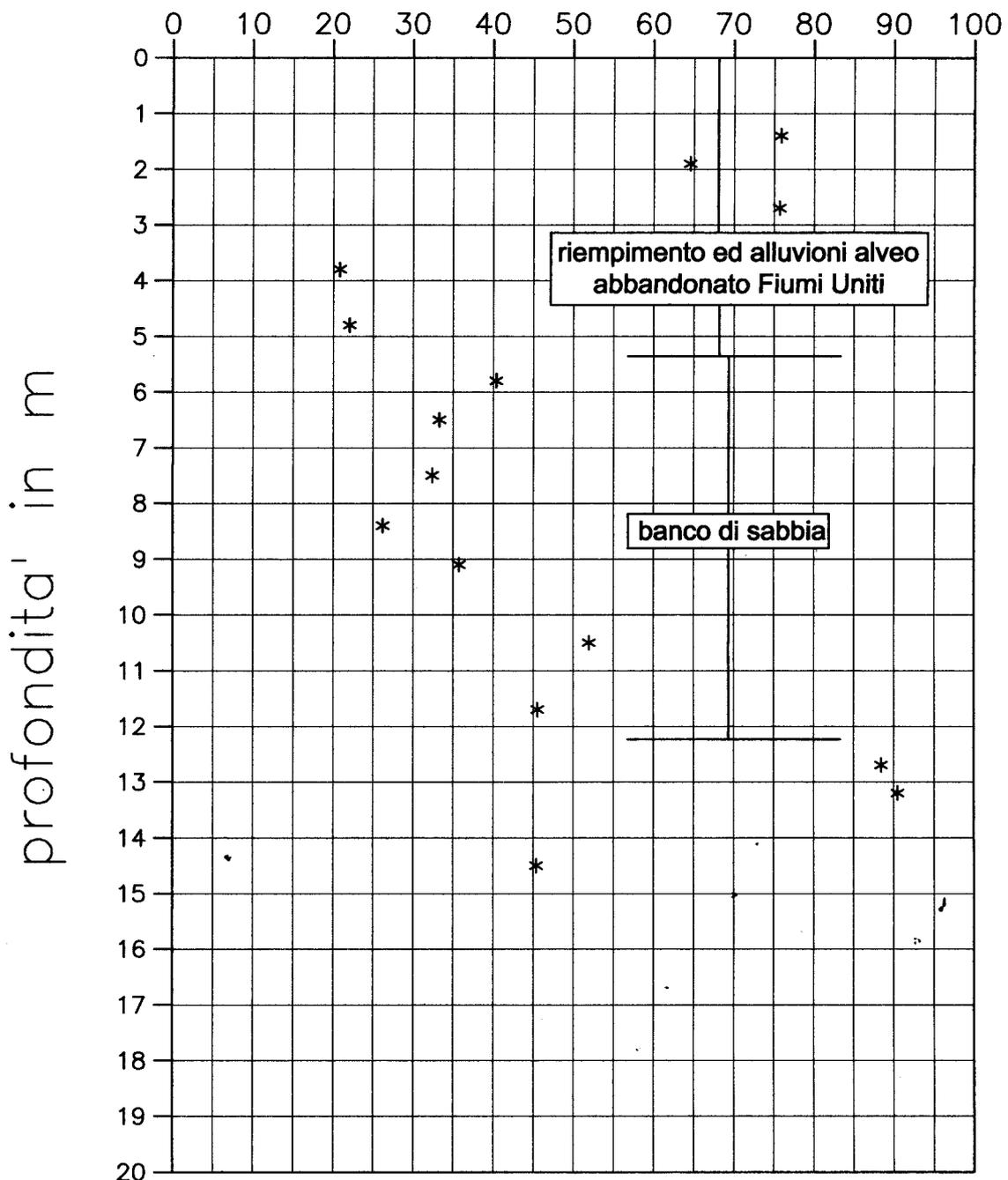


TAVOLA VIII-1

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT.1/16											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu											
Sabbie: $Vs(m/sec) = 5,14 \times Nspt + 103$											
Argille: $Vs(m/sec) = 100 cu(kg/cm^2) + 110$ con $cu > 0,7 kg/cm^2$ altrimenti $Vs(m/sec) = 157 cu(kg/cm^2) + 70$											
Strato		Tipo	Cthin	Rp	Nspt	cu	H	Vs	H/Vs	P'vo	
n.	da m	a m	C o I	kg/cm ²		kg/cm ²	m	m/sec	sec	kg/cm ²	
1	0.00	1.50	I	1.00	20	7	---	1.50	137	0.011	0.139
2	1.50	2.20	C	---	20	---	1.31	0.70	241	0.003	0.307
3	2.20	3.00	C	---	14	---	0.91	0.80	201	0.004	0.371
4	3.00	4.00	I	1.00	18	5	---	1.00	126	0.008	0.448
5	4.00	5.00	I	1.00	25	6	---	1.00	135	0.007	0.533
6	5.00	5.80	I	1.00	45	11	---	0.80	161	0.005	0.609
7	5.80	6.60	I	1.00	29	10	---	0.80	153	0.005	0.677
8	6.60	7.20	I	1.00	47	12	---	0.60	163	0.004	0.737
9	7.20	8.00	I	1.21	80	24	---	0.80	228	0.004	0.796
10	8.00	8.40	I	1.55	60	23	---	0.40	223	0.002	0.847
11	8.40	9.20	I	1.00	55	14	---	0.80	174	0.005	0.898
12	9.20	10.40	I	1.00	70	18	---	1.20	193	0.006	0.986
13	10.40	11.60	I	1.00	58	19	---	1.20	202	0.006	1.091
14	11.60	12.80	I	1.00	55	14	---	1.20	174	0.007	1.193
15	12.80	13.60	C	---	5	---	0.25	0.80	109	0.007	1.278
16	13.60	14.60	I	1.10	98	27	---	1.00	242	0.004	1.355
17	14.60	16.00	C	---	5	---	0.24	1.40	107	0.013	1.457
18	16.00	16.80	I	1.00	38	13	---	0.80	168	0.005	1.550
19	16.80	17.60	I	1.21	62	25	---	0.80	232	0.003	1.618
20	17.60	18.60	I	1.10	63	23	---	1.00	222	0.005	1.695
21	18.60	20.20	C	---	10	---	0.55	1.60	156	0.010	1.805
22	20.20	21.40	I	1.03	100	26	---	1.20	236	0.005	1.924
23	21.40	21.80	I	1.55	75	29	---	0.40	253	0.002	1.992
24	21.80	22.40	I	1.36	44	20	---	0.60	206	0.003	2.035
25	22.40	23.60	C	---	12	---	0.66	1.20	174	0.007	2.111
26	23.60	24.40	I	1.21	80	24	---	0.80	228	0.004	2.196
27	24.40	25.80	C	---	9	---	0.45	1.40	140	0.010	2.290
28	25.80	27.40	C	---	21	---	1.24	1.60	234	0.007	2.417
29	27.40	30.00	C	---	17	---	0.96	2.60	206	0.013	2.596
30											
31											
32											
						30.00			0.173		
Si assume:		$Nspt = Rp(kg/cm^2)/n$				$cu = (Rp-P'vo)/15$					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
Cthin= correzione per strato sottile:						$Cthin=0,5(H-1.45)^2+1$ con $H < 1.45$					
Vs30 =		173 m/sec		Vs30 = $\Sigma H/\Sigma(H/Vs)$				I=terreno incoerente			
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n				C=terreno coesivo			
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):						n					
Vi sono 8 m di terreno argilloso con $Vs < 100$ o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione:				---->		D					
Vs>800:											
360<Vs<800:											
180<Vs<360:											
Vs<180:											
Liquefazione:											
8 m con $cu < 0,2 kg/cm^2$ o 3m di torba:											
substrato fra 3 e 20 m:											
		A		Si assume :							
		B		$Nspt = Rp (kg/cm^2)/n$ nelle sabbie							
		C		$cu = (Rp-P'vo)/15$ nei terreno coesivi							
		D		n=5 nelle sabbie grosse							
		S2		n=4 nelle sabbie fini							
		S1		n=3 nelle abbie limose							
		E									

TAVOLA VIII-2

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT2/16											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu											
Sabbie: Vs(m/sec) = 5,14 x Nspt + 103											
Argille: Vs(m/sec)= 100 cu(kg/cmq)+110 con cu>0,7kg/cmq altrimenti Vs(m/sec)=157 cu(kg/cmq)+70											
Strato		Tipo	Cthin	Rp	Nspt	cu	H	Vs	H/Vs	P'vo	
n.	da m	a m	C o l	kg/cmq		kg/cmq	m	m/sec	sec	kg/cmq	
1	0.00	2.00	I	1.00	56	19	---	2.00	199	0.010	0.185
2	2.00	3.60	I	1.00	80	20	---	1.60	206	0.008	0.438
3	3.60	4.20	C	---	18	---	1.16	0.60	226	0.003	0.532
4	4.20	5.00	I	1.00	47	16	---	0.80	184	0.004	0.591
5	5.00	5.50	I	1.00	43	14	---	0.50	177	0.003	0.646
6	5.50	6.00	C	---	8	---	0.49	0.50	147	0.003	0.689
7	6.00	6.60	I	1.36	40	18	---	0.60	196	0.003	0.736
8	6.60	7.60	I	1.10	47	17	---	1.00	192	0.005	0.804
9	7.60	8.20	C	---	16	---	1.01	0.60	211	0.003	0.872
10	8.20	10.00	I	1.00	64	21	---	1.80	213	0.008	0.974
11	10.00	10.80	I	1.00	58	19	---	0.80	202	0.004	1.084
12	10.80	11.50	I	1.00	68	23	---	0.70	220	0.003	1.150
13	11.50	12.00	I	1.00	50	17	---	0.50	189	0.003	1.202
14	12.00	13.80	I	1.00	80	27	---	1.80	240	0.007	1.300
15	13.80	16.00	C	---	7	---	0.37	2.20	128	0.017	1.470
16	16.00	16.60	I	1.36	60	27	---	0.60	243	0.002	1.589
17	16.60	17.00	I	1.55	50	26	---	0.40	236	0.002	1.632
18	17.00	17.30	C	---	14	---	0.82	0.30	192	0.002	1.661
19	17.30	17.60	I	1.00	42	14	---	0.30	175	0.002	1.687
20	17.60	18.40	I	1.21	110	33	---	0.80	274	0.003	1.734
21	18.40	20.00	C	---	10	---	0.54	1.60	155	0.010	1.836
22	21.00	21.40	I	1.55	32	17	---	0.40	188	0.002	1.921
23	21.40	21.60	C	---	8	---	0.40	0.20	133	0.001	1.946
24	21.60	22.60	C	---	12	---	0.67	1.00	175	0.006	1.997
25	22.60	23.60	I	1.10	122	45	---	1.00	333	0.003	2.082
26	23.60	25.00	C	---	10	---	0.52	1.40	152	0.009	2.184
27	25.00	30.00	C	---	20	---	1.17	5.00	227	0.022	2.456
28											
29											
30											
31											
32											
						29.00		0.149			
Si assume:		Nspt = Rp(kg/cmq)/n				cu = (Rp-P'vo)/15					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
Cthin= correzione per strato sottile:						Cthin=0,5(H-1.45)^2+1 con H <1.45					
Vs30 =		194 m/sec		Vs30 = ΣH/Σ(H/Vs)		I=terreno incoerente					
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n		C=terreno coesivo					
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):				n							
Vi sono 8 m di terreno argilloso con Vs<100 o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione:				---->		C					
Vs>800:											
A				Si assume :							
360<Vs<800:											
B				Nspt = Rp (kg/cmq)/n nelle sabbie							
180<Vs<360:											
C				cu = (Rp-P'vo)/15 nei terreno coesivi							
Vs<180:											
D				n=5 nelle sabbie grosse							
Liquefazione:											
S2				n=4 nelle sabbie fini							
8 m con cu<0,2 kg/cmq o 3m di torba:											
S1				n=3 nelle abbie limose							
substrato fra 3 e 20 m:											
E											

TAVOLA VIII-3

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT3/16											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu											
Sabbie: $Vs(m/sec) = 5,14 \times Nspt + 103$											
Argille: $Vs(m/sec) = 100 cu(kg/cm^3) + 110$ con $cu > 0,7 kg/cm^3$ altrimenti $Vs(m/sec) = 157 cu(kg/cm^3) + 70$											
Strato			Tipo	Cthin	Rp	Nspt	cu	H	Vs	H/Vs	P'vo
n.	da m	a m	C o I		kg/cm ³		kg/cm ³	m	m/sec	sec	kg/cm ³
1	0.00	1.50	I	1.00	40	13	---	1.50	172	0.009	0.139
2	1.50	2.20	C	---	11	---	0.71	0.70	181	0.004	0.342
3	2.20	3.00	I	1.21	22	9	---	0.80	149	0.005	0.441
4	3.00	3.20	C	---	8	---	0.50	0.20	149	0.001	0.484
5	3.20	3.60	I	1.55	27	14	---	0.40	175	0.002	0.509
6	3.60	4.00	C	---	8	---	0.50	0.40	148	0.003	0.543
7	4.00	6.20	I	1.00	46	15	---	2.20	182	0.012	0.654
8	6.20	7.40	I	1.03	55	19	---	1.20	200	0.006	0.798
9	7.40	8.30	C	---	5	---	0.27	0.90	113	0.008	0.887
10	8.30	9.00	I	1.00	45	15	---	0.70	180	0.004	0.955
11	9.00	12.40	I	1.00	65	22	---	3.40	214	0.016	1.130
12	12.40	13.80	I	1.00	75	25	---	1.40	232	0.006	1.337
13	13.80	15.20	I	1.00	92	31	---	1.40	261	0.005	1.460
14	15.20	17.80	C	---	8	---	0.42	2.60	137	0.019	1.630
15	17.80	18.20	I	1.55	30	16	---	0.40	183	0.002	1.757
16	18.20	18.60	I	1.55	37	19	---	0.40	201	0.002	1.791
17	18.60	19.20	I	1.36	69	31	---	0.60	264	0.002	1.834
18	19.20	21.80	C	---	12	---	0.67	2.60	175	0.015	1.970
19	21.80	22.40	I	1.36	53	24	---	0.60	227	0.003	2.106
20	22.40	24.00	C	---	12	---	0.65	1.60	173	0.009	2.199
21	24.00	25.00	C	---	25	---	1.51	1.00	261	0.004	2.310
22	25.00	25.40	I	1.55	70	36	---	0.40	289	0.001	2.369
23	25.40	27.20	C	---	12	---	0.64	1.80	170	0.011	2.463
24	27.20	27.80	C	---	20	---	1.16	0.60	226	0.003	2.565
25	27.80	28.60	C	---	32	---	1.96	0.80	306	0.003	2.624
26	28.60	30.00	C	---	20	---	1.15	1.40	225	0.006	2.718
27											
28											
29											
30											
31											
32											
							30.00		0.161		
Si assume:		Nspt = Rp(kg/cm ³)/n				cu = (Rp-P'vo)/15					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
Cthin= correzione per strato sottile:				Cthin=0,5(H-1.45) ² +1 con H < 1.45							
Vs30 =		186 m/sec		Vs30 = ΣH/Σ(H/Vs)				I=terreno incoerente			
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n		C=terreno coesivo					
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):				n							
Vi sono 8 m di terreno argilloso con Vs<100 o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione:				---->		C					
Vs>800:											
360<Vs<800:											
180<Vs<360:											
Vs<180:											
Liquefazione:											
8 m con cu<0,2 kg/cm ³ o 3m di torba:											
substrato fra 3 e 20 m:											
A Si assume :											
B Nspt = Rp (kg/cm ³)/n nelle sabbie											
C cu = (Rp-P'vo)/15 nei terreno coesivi											
D n=5 nelle sabbie grosse											
S2 n=4 nelle sabbie fini											
S1 n=3 nelle sabbie limose											
E											

TAVOLA VIII-4

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT4/16											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di N_{spt} e cu											
Sabbie: Vs(m/sec) = 5,14 x N _{spt} + 103											
Argille: Vs(m/sec) = 100 cu(kg/cmq) + 110 con cu > 0,7 kg/cmq altrimenti Vs(m/sec) = 157 cu(kg/cmq) + 70											
Strato			Tipo	C _{thin}	R _p	N _{spt}	cu	H	V _s	H/V _s	P' _{vo}
n.	da m	a m	C o I		kg/cmq		kg/cmq	m	m/sec	sec	kg/cmq
1	0.00	1.50	C	---	8	---	0.52	1.50	152	0.010	0.139
2	1.50	2.20	I	1.28	87	28	---	0.70	246	0.003	0.307
3	2.20	3.00	I	1.00	48	16	---	0.80	185	0.004	0.371
4	3.00	3.80	I	1.21	85	34	---	0.80	279	0.003	0.439
5	3.80	4.60	I	1.00	62	21	---	0.80	209	0.004	0.507
6	4.60	5.00	I	1.00	37	12	---	0.40	166	0.002	0.558
7	5.00	5.40	I	1.00	22	7	---	0.40	141	0.003	0.592
8	5.40	6.20	I	1.21	42	17	---	0.80	190	0.004	0.643
9	6.20	7.20	I	1.10	68	19	---	1.00	199	0.005	0.720
10	7.20	7.50	C	---	12	---	0.75	0.30	185	0.002	0.775
11	7.50	8.60	I	1.06	55	19	---	1.10	203	0.005	0.834
12	8.60	10.40	I	1.00	50	17	---	1.80	189	0.010	0.962
13	10.40	13.00	I	1.00	85	28	---	2.60	249	0.010	1.154
14	13.00	14.80	I	1.00	75	25	---	1.80	232	0.008	1.341
15	14.80	17.00	C	---	8	---	0.43	2.20	138	0.016	1.511
16	17.00	17.80	I	1.21	31	13	---	0.80	167	0.005	1.638
17	17.80	18.10	C	---	9	---	0.49	0.30	147	0.002	1.685
18	18.10	18.40	I	1.66	67	37	---	0.30	294	0.001	1.710
19	18.40	19.00	I	1.36	42	19	---	0.60	201	0.003	1.749
20	19.00	20.20	C	---	9	---	0.48	1.20	145	0.008	1.825
21	20.20	21.80	I	1.00	75	19	---	1.60	199	0.008	1.944
22	21.80	22.80	C	---	22	---	1.33	1.00	243	0.004	2.055
23	22.80	23.40	C	---	8	---	0.39	0.60	132	0.005	2.123
24	23.40	23.80	I	1.55	49	25	---	0.40	233	0.002	2.165
25	23.80	26.60	C	---	12	---	0.65	2.80	172	0.016	2.301
26	26.60	30.00	C	---	20	---	1.16	3.40	226	0.015	2.565
27											
28											
29											
30											
31											
32											
							30.00		0.158		
Si assume:		N _{spt} = R _p (kg/cmq)/n				cu = (R _p -P' _{vo})/15					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
C _{thin} = correzione per strato sottile:				C _{thin} =0,5(H-1.45) ² +1 con H < 1.45							
Vs30 =		190 m/sec		Vs30 = ΣH/Σ(H/Vs)		I=terreno incoerente					
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n		C=terreno coesivo					
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):				n							
Vi sono 8 m di terreno argilloso con Vs<100 o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione:				---->		C					
Vs>800:		A		Si assume :							
360<Vs<800:		B		N _{spt} = R _p (kg/cmq)/n nelle sabbie							
180<Vs<360:		C		cu = (R _p -P' _{vo})/15 nei terreno coesivi							
Vs<180:		D		n=5 nelle sabbie grosse							
Liquefazione:		S2		n=4 nelle sabbie fini							
8 m con cu<0,2 kg/cmq o 3m di torba:		S1		n=3 nelle sabbie limose							
substrato fra 3 e 20 m:		E									

TAVOLA VIII-5

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT1/13											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu											
Sabbie: Vs(m/sec) = 5,14 x Nspt + 103											
Argille: Vs(m/sec)= 100 cu(kg/cmq)+110 con cu>0,7kg/cmq altrimenti Vs(m/sec)=157 cu(kg/cmq)+70											
Strato		Tipo	Cthin	Rp	Nspt	cu	H	Vs	H/Vs	P'vo	
n.	da m	a m	C o l	kg/cmq		kg/cmq	m	m/sec	sec	kg/cmq	
1	0.00	0.40	C	---	8	---	0.53	0.40	153	0.003	0.037
2	0.40	1.60	I	1.03	120	31	---	1.20	262	0.005	0.188
3	1.60	4.00	C	---	6	---	0.37	2.40	129	0.019	0.404
4	4.00	4.80	I	1.00	25	6	---	0.80	135	0.006	0.540
5	4.80	5.60	I	1.21	40	12	---	0.80	165	0.005	0.608
6	5.60	6.40	I	1.21	50	15	---	0.80	181	0.004	0.676
7	6.40	6.80	I	1.55	28	11	---	0.40	159	0.003	0.726
8	6.80	9.00	I	1.00	47	12	---	2.20	163	0.013	0.836
9	9.00	10.80	I	1.00	64	16	---	1.80	185	0.010	1.006
10	10.80	11.40	I	1.00	48	12	---	0.60	165	0.004	1.108
11	11.40	12.00	I	1.00	55	14	---	0.60	174	0.003	1.159
12	12.00	13.40	I	1.00	75	19	---	1.40	199	0.007	1.247
13	13.40	15.40	I	1.00	90	23	---	2.00	219	0.009	1.395
14	15.40	17.60	C	---	8	---	0.43	2.20	137	0.016	1.574
15	17.60	18.40	I	1.21	40	16	---	0.80	186	0.004	1.701
16	18.40	18.80	C	---	10	---	0.55	0.40	156	0.003	1.752
17	18.80	20.00	I	1.00	55	14	---	1.20	174	0.007	1.820
18	20.00	21.00	I	1.10	95	26	---	1.00	237	0.004	1.914
19	21.00	22.80	C	---	8	---	0.40	1.80	132	0.014	2.033
20	22.80	23.40	I	1.36	60	27	---	0.60	243	0.002	2.135
21	23.40	23.70	C	---	13	---	0.72	0.30	182	0.002	2.173
22	23.70	24.40	I	1.28	72	23	---	0.70	222	0.003	2.215
23	24.40	24.80	I	1.00	32	11	---	0.40	158	0.003	2.262
24	24.80	26.00	C	---	18	---	1.04	1.20	214	0.006	2.330
25	26.00	29.00	C	---	27	---	1.63	3.00	273	0.011	2.509
26	29.00	29.60	I	1.00	80	20	---	0.60	206	0.003	2.662
27	29.60	30.00	C	---	15	---	0.82	0.40	192	0.002	2.704
28											
29											
30											
31											
32											
						30.00		0.169			
Si assume:		Nspt = Rp(kg/cmq)/n				cu = (Rp-P'vo)/15					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
Cthin= correzione per strato sottile:				Cthin=0,5(H-1.45)^2+1 con H <1.45							
Vs30 =		178 m/sec		Vs30 = ΣH/Σ(H/Vs)		I=terreno incoerente					
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n		C=terreno coesivo					
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):				n							
Vi sono 8 m di terreno argilloso con Vs<100 o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione: ----> D											
Vs>800:		A		Si assume :							
360<Vs<800:		B		Nspt = Rp (kg/cmq)/n nelle sabbie							
180<Vs<360:		C		cu = (Rp-P'vo)/15 nei terreno coesivi							
Vs<180:		D		n=5 nelle sabbie grosse							
Liquefazione:		S2		n=4 nelle sabbie fini							
8 m con cu<0,2 kg/cmq o 3m di torba:		S1		n=3 nelle sabbie limose							
substrato fra 3 e 20 m:		E									

TAVOLA VIII-7

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT3/13											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu											
Sabbie: Vs(m/sec) = 5,14 x Nspt + 103											
Argille: Vs(m/sec) = 100 cu(kg/cmq) + 110 con cu > 0,7 kg/cmq altrimenti Vs(m/sec) = 157 cu(kg/cmq) + 70											
Strato			Tipo	Cthin	Rp	Nspt	cu	H	Vs	H/Vs	P'vo
n.	da m	a m	C o l		kg/cmq		kg/cmq	m	m/sec	sec	kg/cmq
1	0.00	1.50	I	1.00	120	30	---	1.50	257	0.006	0.139
2	1.50	1.80	I	1.00	20	7	---	0.30	137	0.002	0.290
3	1.80	2.80	I	1.00	40	10	---	1.00	154	0.006	0.346
4	2.80	3.80	I	1.10	97	27	---	1.00	240	0.004	0.431
5	3.80	5.40	I	1.00	40	13	---	1.60	172	0.009	0.541
6	5.40	6.40	I	1.00	50	17	---	1.00	189	0.005	0.652
7	6.40	7.00	I	1.00	68	23	---	0.60	220	0.003	0.720
8	7.00	7.40	I	1.00	88	29	---	0.40	254	0.002	0.762
9	7.40	9.00	I	1.00	58	19	---	1.60	202	0.008	0.847
10	9.00	11.80	I	1.00	55	18	---	2.80	197	0.014	1.034
11	11.80	12.80	I	1.10	78	29	---	1.00	250	0.004	1.196
12	12.80	13.30	C	---	10	---	0.58	0.50	161	0.003	1.261
13	13.30	15.00	I	1.00	80	27	---	1.70	240	0.007	1.355
14	15.00	17.40	C	---	6	---	0.30	2.40	117	0.021	1.530
15	17.40	18.00	I	1.36	30	14	---	0.60	173	0.003	1.657
16	18.00	19.20	I	1.03	100	34	---	1.20	280	0.004	1.734
17	19.20	19.60	I	1.55	53	27	---	0.40	244	0.002	1.802
18	19.60	20.40	I	1.21	56	23	---	0.80	219	0.004	1.853
19	20.40	21.20	C	---	8	---	0.41	0.80	134	0.006	1.921
20	21.20	21.60	I	1.55	70	36	---	0.40	289	0.001	1.972
21	21.60	23.40	C	---	8	---	0.40	1.80	132	0.014	2.065
22	23.40	23.90	I	1.45	43	21	---	0.50	210	0.002	2.163
23	23.90	24.20	C	---	8	---	0.39	0.30	131	0.002	2.197
24	24.20	25.00	I	1.21	87	26	---	0.80	238	0.003	2.244
25	25.00	26.50	C	---	12	---	0.64	1.50	171	0.009	2.341
26	26.50	28.00	C	---	26	---	1.57	1.50	267	0.006	2.469
27	28.00	30.00	C	---	16	---	0.89	2.00	199	0.010	2.618
28											
29											
30											
31											
32											
							30.00		0.161		
Si assume:		Nspt = Rp(kg/cmq)/n				cu = (Rp-P'vo)/15					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
Cthin= correzione per strato sottile:				Cthin=0,5(H-1.45)^2+1 con H < 1.45							
Vs30 =		186 m/sec		Vs30 = ΣH/Σ(H/Vs)				I=terreno incoerente			
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n				C=terreno coesivo			
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):				n							
Vi sono 8 m di terreno argilloso con Vs<100 o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione:				---->		C					
Vs>800:				A		Si assume :					
360<Vs<800:				B		Nspt = Rp (kg/cmq)/n nelle sabbie					
180<Vs<360:				C		cu = (Rp-P'vo)/15 nei terreno coesivi					
Vs<180:				D		n=5 nelle sabbie grosse					
Liquefazione:				S2		n=4 nelle sabbie fini					
8 m con cu<0,2 kg/cmq o 3m di torba:				S1		n=3 nelle sabbie limose					
substrato fra 3 e 20 m:				E							

TAVOLA VIII-B

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT4/13											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu											
Sabbie: $Vs(m/sec) = 5,14 \times Nspt + 103$											
Argille: $Vs(m/sec) = 100 cu(kg/cmq) + 110$ con $cu > 0,7 kg/cmq$ altrimenti $Vs(m/sec) = 157 cu(kg/cmq) + 70$											
Strato			Tipo	Cthin	Rp	Nspt	cu	H	Vs	H/Vs	P'vo
n.	da m	a m	C o I		kg/cmq		kg/cmq	m	m/sec	sec	kg/cmq
1	0.00	1.00	I	1.00	77	19	---	1.00	202	0.005	0.093
2	1.00	1.80	C	---	8	---	0.52	0.80	151	0.005	0.219
3	1.80	2.40	I	1.36	44	20	---	0.60	206	0.003	0.279
4	2.40	4.40	I	1.00	90	23	---	2.00	219	0.009	0.389
5	4.40	5.00	I	1.00	35	12	---	0.60	163	0.004	0.500
6	5.00	6.20	I	1.03	48	17	---	1.20	188	0.006	0.576
7	6.20	7.00	I	1.00	35	12	---	0.80	163	0.005	0.661
8	7.00	9.00	I	1.00	55	18	---	2.00	197	0.010	0.780
9	9.00	9.80	I	1.00	58	19	---	0.80	202	0.004	0.899
10	9.80	14.00	I	1.00	75	25	---	4.20	232	0.018	1.112
11	14.00	14.40	I	1.55	70	36	---	0.40	289	0.001	1.307
12	14.40	18.60	C	---	8	---	0.43	4.20	138	0.030	1.513
13	18.60	19.00	I	1.55	57	29	---	0.40	254	0.002	1.719
14	19.00	19.40	I	1.55	58	30	---	0.40	257	0.002	1.753
15	19.40	21.40	C	---	8	---	0.41	2.00	134	0.015	1.855
16	21.40	22.00	I	1.36	59	27	---	0.60	241	0.002	1.966
17	22.00	22.60	I	1.36	61	28	---	0.60	245	0.002	2.017
18	22.60	26.20	C	---	12	---	0.65	3.60	173	0.021	2.195
19	26.20	28.60	C	---	20	---	1.17	2.40	227	0.011	2.450
20	28.60	29.60	I	1.10	50	18	---	1.00	197	0.005	2.595
21	29.60	30.00	C	---	19	---	1.09	0.40	219	0.002	2.654
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
							30.00		0.163		
Si assume:		$Nspt = Rp(kg/cmq)/n$				$cu = (Rp-P'vo)/15$					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
Cthin= correzione per strato sottile:				$Cthin=0,5(H-1.45)^2+1$ con $H < 1.45$							
Vs30 =		184 m/sec		Vs30 = $\Sigma H/\Sigma(H/Vs)$				I=terreno incoerente			
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n				C=terreno coesivo			
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):				n							
Vi sono 8 m di terreno argilloso con $Vs < 100$ o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione:				---		C					
Vs>800:				A		Si assume :					
360<Vs<800:				B		$Nspt = Rp (kg/cmq)/n$ nelle sabbie					
180<Vs<360:				C		$cu = (Rp-P'vo)/15$ nei terreno coesivi					
Vs<180:				D		n=5 nelle sabbie grosse					
Liquefazione:				S2		n=4 nelle sabbie fini					
8 m con $cu < 0,2 kg/cmq$ o 3m di torba:				S1		n=3 nelle abbie limose					
substrato fra 3 e 20 m:				E							

TAVOLA VIII- 9

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tcnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.:054727682											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia											
Riferimenti: CPT5/13											
CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu											
Sabbie: $Vs(m/sec) = 5,14 \times Nspt + 103$											
Argille: $Vs(m/sec) = 100 cu(kg/cmq) + 110$ con $cu > 0,7 kg/cmq$ altrimenti $Vs(m/sec) = 157 cu(kg/cmq) + 70$											
Strato			Tipo	Cthin	Rp	Nspt	cu	H	Vs	H/Vs	P'vo
n.	da m	a m	C o I		kg/cmq		kg/cmq	m	m/sec	sec	kg/cmq
1	0.00	0.60	C	---	10	---	0.66	0.60	174	0.003	0.056
2	0.60	1.20	I	1.36	27	12	---	0.60	166	0.004	0.137
3	1.20	2.40	I	1.00	70	23	---	1.20	223	0.005	0.213
4	2.40	4.80	I	1.00	65	22	---	2.40	214	0.011	0.366
5	4.80	5.80	I	1.00	30	10	---	1.00	154	0.006	0.511
6	5.80	7.00	I	1.03	65	22	---	1.20	218	0.006	0.604
7	7.00	7.40	C	---	13	---	0.82	0.40	192	0.002	0.672
8	7.40	8.40	I	1.10	65	24	---	1.00	226	0.004	0.732
9	8.40	10.80	I	1.00	68	23	---	2.40	220	0.011	0.876
10	10.80	12.40	I	1.00	62	21	---	1.60	209	0.008	1.046
11	12.40	13.40	C	---	7	---	0.39	1.00	131	0.008	1.157
12	13.40	14.00	I	1.36	68	31	---	0.60	262	0.002	1.225
13	14.00	17.00	C	---	5	---	0.24	3.00	108	0.028	1.378
14	17.00	17.80	I	1.21	37	15	---	0.80	180	0.004	1.539
15	17.80	18.40	C	---	12	---	0.69	0.60	179	0.003	1.599
16	18.40	19.20	I	1.21	78	31	---	0.80	265	0.003	1.658
17	19.20	20.40	C	---	11	---	0.62	1.20	167	0.007	1.743
18	20.40	21.40	I	1.10	78	29	---	1.00	250	0.004	1.837
19	21.40	22.80	C	---	15	---	0.87	1.40	197	0.007	1.939
20	22.80	23.40	I	1.36	62	28	---	0.60	248	0.002	2.024
21	23.40	26.00	C	---	10	---	0.52	2.60	152	0.017	2.160
22	26.00	26.80	C	---	20	---	1.18	0.80	228	0.004	2.304
23	26.80	28.00	C	---	24	---	1.44	1.20	254	0.005	2.389
24	28.00	28.80	C	---	17	---	0.97	0.80	207	0.004	2.474
25	28.80	29.50	I	1.28	56	24	---	0.70	226	0.003	2.538
26	29.50	30.00	C	---	17	---	0.96	0.50	206	0.002	2.589
27											
28											
29											
30											
31											
32											
							30.00		0.165		
Si assume:		$Nspt = Rp(kg/cmq)/n$				$cu = (Rp - P'vo)/15$					
Sabbia grossa: n=5; sabbia fine: n=4; sabbia limosa: n=3											
Cthin= correzione per strato sottile:				$Cthin = 0,5(H - 1.45)^2 + 1$ con $H < 1.45$							
Vs30 =		182 m/sec		Vs30 = $\Sigma H / \Sigma (H/Vs)$				I=terreno incoerente			
Il terreno è liquefacibile?(s/n):				n		C=terreno coesivo					
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):				n							
Vi sono 8 m di terreno argilloso con $Vs < 100$ o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso (s/n)										n	
Categoria terreno di fondazione:				---->		C					
Vs>800:											
360<Vs<800:											
180<Vs<360:											
Vs<180:											
Liquefazione:											
8 m con $cu < 0,2 kg/cmq$ o 3m di torba:											
substrato fra 3 e 20 m:											
				A		Si assume :					
				B		$Nspt = Rp (kg/cmq)/n$ nelle sabbie					
				C		$cu = (Rp - P'vo)/15$ nei terreno coesivi					
				D		n=5 nelle sabbie grosse					
				S2		n=4 nelle sabbie fini					
				S1		n=3 nelle abbie limose					
				E							

EdiLus-MS

Mappe Sismiche

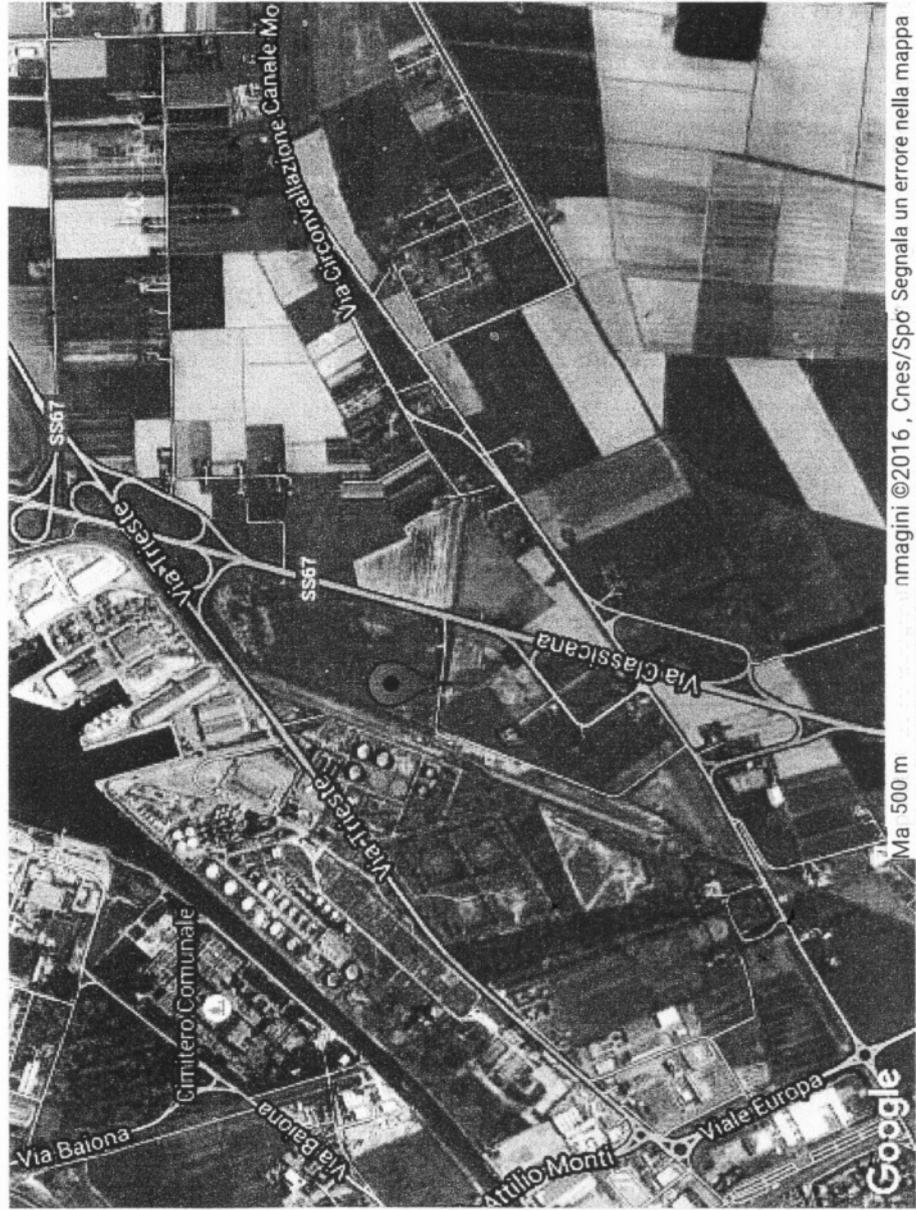


EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e lo sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "via M.Cianciulli, 114 MONTELLA"

Via Classicana, 60, 48122 Ravenna RA, Italia

Cerca



Latitudine (WGS84) 44.43040889

Longitudine (WGS84) 12.24649429

Latitudine (ED50) 44.432155

Longitudine (ED50) 12.247301

Altitudine (mt) 1

Classe dell'edificio

II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita Nominale Struttura 50

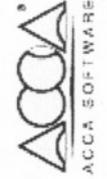
Periodo di Riferimento per l'azione sismica 50

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r [anni]	$a_{g/g}$ [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.046	2.462	0.260
Danno	50	0.057	2.488	0.280
Salvaguardia Vita	475	0.158	2.567	0.280
Prevenzione Collasso	975	0.209	2.505	0.283

Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS

TAVOLA IX



magini ©2016, Cnes/Spö Segnala un errore nella mappa

44.41894620, 12.34777451

TAVOLA X-1

Studio Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena							
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA							
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA							
Località: Area Logistica POC1 - Vitalaccia							
Dati:	a/g =	0.158		2.567	2.567	Categoria terreno	D
Stato Limite di Salvaguardia della Vita							
Categoria	Formule			Valori		Classe di manufatto	
sottosuolo	Ss =			Ss		II	
A	1.00			1.000			
B	1,00<=1,40-0,40Fo x a/g<=1,20			1.200			
C	1,00<=1,70-0,60Fo x a/g<=1,50			1.457			
D	0,90<=2,40-1,50Fo x a/g<=1,80			1.792		valore da usare	
E	1,00<=2,00-1,10Fo x a/g<=1,60			1.554			
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA							
Caratteristiche superficie topografica							
T1	pianeggiante con inclinazione media i<=15°						
T2	Pendio con i>15°						
T3	Rilievo con larghezza in cresta < della base e con 15°<i<30°						
T4	Rilievo con larghezza in cresta molto < della base ed i>30°						
Categoria topogr.						St	
T1	---					1.00	
T2	Alla sommità del pendio					1.20	
T3	In corrispondenza della cresta del pendio					1.20	
T4	In corrispondenza della cresta del pendio					1.40	
Riferimenti: NTC-2008 D.M. 14/01/2008							
arif/g =	0.158	Ss =	1.792	St =	1.00	S=Ss x St =	1.792
amax = arif x Ss x St =		0.283		g			
Kh = amax/g =		0.283		(fondazioni)			
Coefficienti riduttivi sismici: βm (opere di sostegno)							
accelerazioni		Categorie Sottosuolo					
ag		A	B, C, D, E				
		βm	βm				
0,2g<ag<=0,4g		0.31	0.31	valore da usare = 0.31			
0,1g<ag<=0,2g		0.29	0.24				
ag<=0,1g		0.20	0.18				
Kh = βm x St x Ss x a/g =		0.088		Kv = 0,50 Kh =		0.044 g	
Coefficienti riduttivi sismici: βs (verifiche di stabilità delle scarpate)							
accelerazioni		Categorie Sottosuolo		pendenza versante (gradi):		0	
ag		A	B, C, D, E				
		βs	βs				
0,2g<ag<=0,4g		0.30	0.28	valore da usare = 0.28			
0,1g<ag<=0,2g		0.27	0.24				
ag<=0,1g		0.20	0.20				
Kh = βs x St x Ss x a/g =		0.079		Kv = 0,50 Kh =		0.040 g	

TAVOLA X-2

Studio Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena							
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA							
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA							
Località: Area Logistica POC1 - Vitalaccia							
Dati:	a/g =	0.158	2.567	2.567	Categoria terreno	C	
Stato Limite di Salvaguardia della Vita							
Categoria	Formule			Valori	Classe di manufatto		
sottosuolo	Ss =			Ss	II		
A	1.00			1.000			
B	1,00<=1,40-0,40Fo x a/g<=1,20			1.200			
C	1,00<=1,70-0,60Fo x a/g<=1,50			1.457	valore da usare		
D	0,90<=2,40-1,50Fo x a/g<=1,80			1.792			
E	1,00<=2,00-1,10Fo x a/g<=1,60			1.554			
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA							
Caratteristiche superficie topografica							
T1	pianeggiante con inclinazione media $i \leq 15^\circ$						
T2	Pendio con $i > 15^\circ$						
T3	Rilievo con larghezza in cresta < della base e con $15^\circ < i < 30^\circ$						
T4	Rilievo con larghezza in cresta molto < della base ed $i > 30^\circ$						
Categoria topogr.						St	
T1	---					1.00	
T2	Alla sommità del pendio					1.20	
T3	In corrispondenza della cresta del pendio					1.20	
T4	In corrispondenza della cresta del pendio					1.40	
Riferimenti: NTC-2008 D.M. 14/01/2008							
arif/g =	0.158	Ss =	1.457	St =	1.00	S=Ss x St =	1.457
amax = arif x Ss x St =		0.230		g			
Kh = amax/g =		0.230		(fondazioni)			
Coefficienti riduttivi sismici: β_m (opere di sostegno)							
accelerazioni		Categorie Sottosuolo					
ag		A	B, C, D, E				
		β_m	β_m				
0,2g<ag<=0,4g		0.31	0.31	valore da usare = 0.31			
0,1g<ag<=0,2g		0.29	0.24				
ag<=0,1g		0.20	0.18				
Kh = $\beta_m \times St \times Ss \times a/g =$		0.071		Kv = 0,50		Kh = 0.036 g	
Coefficienti riduttivi sismici: β_s (verifiche di stabilità delle scarpate)							
accelerazioni		Categorie Sottosuolo		pendenza versante (gradi):		0	
ag		A	B, C, D, E				
		β_s	β_s				
0,2g<ag<=0,4g		0.30	0.28	valore da usare = 0.28			
0,1g<ag<=0,2g		0.27	0.24				
ag<=0,1g		0.20	0.20				
Kh = $\beta_s \times St \times Ss \times a/g =$		0.064		Kv = 0,50		Kh = 0.032 g	

TAVOLA XI-1

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28

Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT

<p>Riferimenti:</p> <p>Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).</p> <p>Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils</p> <p>Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004.</p> <p>Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia</p> <p>Prove di riferimento: CPT.1/16</p>	<p>C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente</p> <p style="text-align: center;">Correzioni</p> <p>C_{thin} = correzione per strato sottile C_{thin}=0,5(H-1,45) H<1,45 m max=1,8</p> <p>Δqc1N = correzione per la frazione fine (FC) Δqc1N=(11.9+qc1n/14.6)×[1.63-9.7/(FC+2)-(15.7/(FC+2))^2] Idriss e Boulanger, 2004</p>
--	---

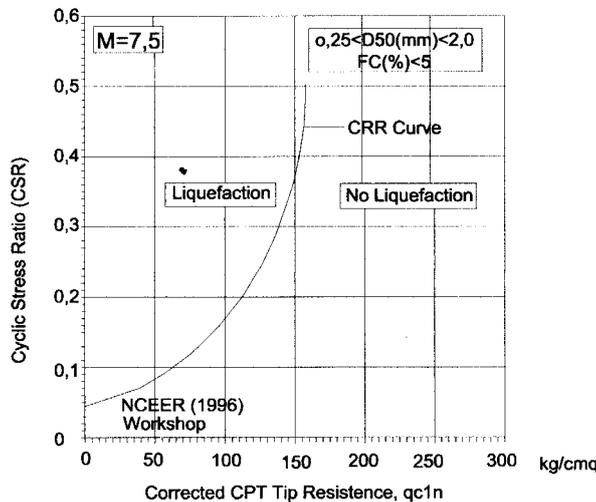
Formule			
FI = (CRR7.5/CSR)×MSF se FI<1 liquefazione possibile	sv = pressione litostatica totale	Fattore di correzione MSF	
CRR = τ _{ult} /σ' _{vo} = resistenza normalizzata	s'v = pressione litostatica efficace	Idriss e Boulanger, 2004	
CSR = t _{media} /σ' _{vo} = 0,65 × (amax/g) × (σv'/σ'v) × rd (tensione indotta dal sisma)	amax = accelerazione max. al suolo	Magnitudo	MSF
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto	g = accelerazione di gravità	5.5	2.29
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica	Z = profondità dello strato	6	1.84
qc1 = qc × Cn	Cn = (Pa/σ'v) ^{0.5}	6.5	1.51
Pa = pressione atmosferica	Zw = profondità della falda	7	1.25

1. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%	CRR7.5=0,833*[(qc1N)cs/1000]+0,05 se (qc1N)cs<50 kg/cmq	
2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%	CRR7.5=93*[(qc1N)cs/1000]^3+0,08 se (qc1N)cs>50 kg/cmq e < 160 kg/cmq	
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC <= 5%	rd = exp[(-1.012-1.126sen(Z/11.73+5.133))+(0.106+0.118sen(Z/11.28+5.142))M]	Idriss e Boulanger - 2004

Introduzione dei dati e calcolo di FI

Magnitudo (M):	5.88	amax:	0.283	Zw =	1.50 m	MSF = 10 ^{2.21/M} × 2.50 =	1.93	Idriss e Boulanger, 2004
----------------	------	-------	-------	------	--------	-------------------------------------	------	--------------------------

Profondità		Spess.	tipo	γ	γ'	σv	σv'	rd	qc	Cn	qc1	FC	C _{thin}	qc1N	Δqc1N	(qc1N)cs	CSR	CRR7.5	FI	Liq.le?
da m	a m	m	C/I	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq		kg/cmq		kg/cmq	%		kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				(S/N)
0.00	1.50	1.50	C	1.85	1.85	1.39	1.39	0.98	na	1.70	na	na	na	na	na	na	0.180	---	---	---
1.50	4.00	2.50	C	1.85	0.85	5.09	3.84	0.92	na	1.61	na	na	na	na	na	na	0.224	---	---	---
4.00	5.00	1.00	I	1.85	0.85	8.33	5.33	0.87	28	1.37	38	30	1.00	38	43	81	0.249	0.130	1.01	NO
5.00	5.80	0.80	I	1.85	0.85	9.99	6.09	0.84	46	1.28	59	30	1.00	59	47	106	0.263	0.191	1.46	NO
5.80	6.60	0.80	I	1.85	0.85	11.47	6.77	0.81	30	1.22	36	35	1.00	36	47	84	0.254	0.134	1.03	NO
6.60	7.20	0.60	I	1.85	0.85	12.77	7.37	0.79	48	1.17	56	35	1.00	56	52	108	0.253	0.196	1.50	NO
7.20	8.00	0.80	I	1.85	0.85	14.06	7.96	0.77	80	1.12	90	35	1.21	109	63	172	0.251	0.461	3.56	NO
8.00	8.40	0.40	I	1.85	0.85	15.17	8.47	0.75	60	1.09	65	35	1.55	101	62	163	0.248	0.461	3.59	NO
8.40	9.20	0.80	I	1.85	0.85	16.28	8.98	0.74	56	1.06	59	35	1.00	59	52	111	0.245	0.209	1.64	NO
9.20	10.40	1.20	I	1.85	0.85	18.13	9.83	0.71	80	1.01	81	35	1.00	81	57	138	0.240	0.324	2.61	NO
10.40	11.50	1.10	I	1.85	0.85	20.26	10.81	0.67	60	0.96	58	35	1.00	58	52	110	0.232	0.203	1.69	NO
11.50	11.70	0.20	C	1.85	0.85	21.46	11.36	0.65	na	0.94	na	na	na	na	na	na	0.227	---	---	---
11.70	12.80	1.10	I	1.85	0.85	22.66	11.91	0.63	65	0.92	60	35	1.06	63	53	116	0.221	0.227	1.98	NO
12.80	13.80	1.00	C	1.85	0.85	24.61	12.81	0.60	na	0.88	na	na	na	na	na	na	0.212	---	---	---
13.80	14.60	0.80	I	1.85	0.85	26.27	13.57	0.57	99	0.86	85	40	1.21	103	67	170	0.204	0.461	4.36	NO
14.60	16.00	1.40	C	1.85	0.85	28.31	14.51	0.55	na	0.83	na	na	na	na	na	na	0.197	---	---	---
16.00	16.80	0.80	I	1.85	0.85	30.34	15.44	0.54	40	0.80	32	40	1.00	32	50	82	0.196	0.131	1.30	NO
16.80	17.60	0.80	I	1.85	0.85	31.82	16.12	0.54	63	0.79	50	40	1.21	60	56	117	0.195	0.227	2.25	NO
17.60	17.80	0.20	C	1.85	0.85	32.75	16.55	0.53	na	0.78	na	na	na	na	na	na	0.194	---	---	---
17.80	18.60	0.80	I	1.85	0.85	33.67	16.97	0.53	63	0.77	48	40	1.21	59	56	115	0.194	0.220	2.20	NO
18.60	20.00	1.40	C	1.85	0.85	35.71	17.91	0.52	na	0.75	na	na	na	na	na	na	0.192	---	---	---



Rischio di liquefazione	
Ipl = 0	Non liquefacibile
0<Ipl<2	Basso
2<Ipl<5	Moderato
5<Ipl<15	Alto
Ipl > 15	Molto alto
IPI = ΣF(z) × w(z) × Δz	
w(z) = 10-0.5xz (z in metri)	
z = profondità dello strato	
Iwasaki et al. (1982)	
Se FI>1 F(z)=0	
Se FI<1 F(z)=1-FI	
Potenziale di liquefazione: Ipl =	
0.00	
Potenziale di liquefazione (IL)	
secondo Sommez (2003)	
se FI>1.2 F(z) = 0	
se FI < 0.95 F(z)=1-FI	
se 0.95<FI<1.2 F(z)=2x10^6xe^(-18.427xFI)	
Potenziale di liquefazione: IL =	
0.19	

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128

Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)

Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.

Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Prove di riferimento: CPT.1/16

$\Delta H = \epsilon_v \times H$ in cm con H in metri e ϵ_v in %

H = spessore dello strato FI = coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione

ϵ_v = deformazione volumetrica σ'_{vo} = pressione litostatica efficace

(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)

Cthin = correzione per strato sottile = $0,5(H-1,45)^2$ con $H < 1,45$

Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = $(1/\sigma'_{vo})^{0,5}$

Δqc = correzione per frazione fine:

Se $FC \leq 5\%$ $\Delta qc = 0$; se $FC \geq 35\%$ $\Delta qc = 60$; altrimenti $\Delta qc = 2(FC-5)$ kg/cmq

ϵ_v deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI

Strato		H	tipo	σ'_v	qc	Cn	FC	Cthin	$\Delta qc1N$	(qc1N)cs	FL	ϵ_v	ΔH
da m	a m	m	C/l	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.50	1.50	C	0.14	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.50	4.00	2.50	C	0.38	na	1.61	na	na	na	na	--	---	---
4.00	5.00	1.00	I	0.53	28	1.37	30	1.00	43	81	1.01	1.000	1.00
5.00	5.80	0.80	I	0.61	46	1.28	30	1.00	47	106	1.46	0.200	0.16
5.80	6.60	0.80	I	0.68	30	1.22	35	1.00	47	84	1.03	1.000	0.80
6.60	7.20	0.60	I	0.74	48	1.17	35	1.00	52	108	1.50	0.100	0.06
7.20	8.00	0.80	I	0.80	80	1.12	35	1.21	63	172	3.56	0.000	0.00
8.00	8.40	0.40	I	0.85	60	1.09	35	1.55	62	163	3.59	0.000	0.00
8.40	9.20	0.80	I	0.90	56	1.06	35	1.00	52	111	1.64	0.080	0.06
9.20	10.40	1.20	I	0.98	80	1.01	35	1.00	57	138	2.61	0.000	0.00
10.40	11.50	1.10	I	1.08	60	0.96	35	1.00	52	110	1.69	0.050	0.06
11.50	11.70	0.20	C	1.14	na	0.94	na	na	na	na	--	---	---
11.70	12.80	1.10	I	1.19	65	0.92	35	1.06	53	116	1.98	0.000	0.00
12.80	13.80	1.00	C	1.28	na	0.88	na	na	na	na	--	---	---
13.80	14.60	0.80	I	1.36	99	0.86	40	1.21	67	170	4.36	0.000	0.00
14.60	16.00	1.40	C	1.45	na	0.83	na	na	na	na	--	---	---
16.00	16.80	0.80	I	1.54	40	0.80	40	1.00	50	82	1.30	0.200	0.16
16.80	17.60	0.80	I	1.61	63	0.79	40	1.21	56	117	2.25	0.000	0.00
17.60	17.80	0.20	C	1.65	na	0.78	na	na	na	na	--	---	---
17.80	18.60	0.80	I	1.70	63	0.77	40	1.21	56	115	2.20	0.000	0.00
18.60	20.00	1.40	C	1.79	na	0.75	na	na	na	na	--	---	---

assestamento totale: cm 2.30

Effects of Liquefaction

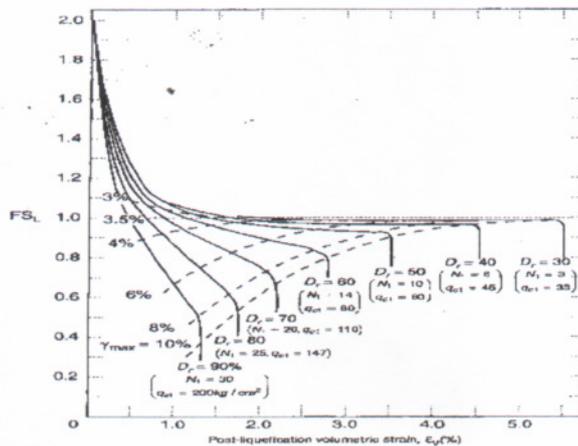


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of JSSMFE.)

TAVOLA XI-2

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28																								
Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT																								
Riferimenti:										C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente														
Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).										Correzioni														
Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils										C_{thin} = correzione per strato sottile C _{thin} =0,5(H-1,45) H<1,45 m max=1,8														
Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004.										Δqc1N = correzione per la frazione fine (FC) Δqc1N=(11.9+qc1n/14.6)x[1.63-9.7/(FC+2)-(15.7/(FC+2))^2]														
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia										Idriss e Boulanger, 2004														
Prove di riferimento: CPT.2/16																								
Formule																								
FI = (CRR7.5/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile										sv = pressione litostatica totale					Fattore di correzione MSF									
CRR = τult/σ'vo = resistenza normalizzata										s'v = pressione litostatica efficace					Idriss e Boulanger, 2004									
CSR = τmedia/σ'vo = 0,65x(amax/g)x(σv/σ'v)rd (tensione indotta dal sisma)										amax = accelerazione max. al suolo					Magnitudo									
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto										g = accelerazione di gravità					MSF									
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica										Z = profondità dello strato					6									
qc1 = qc * Cn resistenza alla punta normalizzata										Cn = (Pa/σ'v)^0,5					6.5									
Pa = pressione atmosferica (qc1N)cs=qc1xCthin+Δqc1N										Zw = profondità della falda					7									
1. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%										CRR7,5=0,833*[(qc1N)cs/1000]+0,05 se (qc1N)cs<50 kg/cmq														
2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<0,25 mm - 5<FC<35%										CRR7,5=93*[(qc1N)cs/1000]^3+0,08 se (qc1N)cs>50 kg/cmq e < 160 kg/cmq														
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC <= 5%										rd = exp[(-1,012-1,126sen(Z/11,73+5,133))/(0,106+0,118sen(Z/11,28+5,142))] Idriss e Boulanger - 2004														
Introduzione dei dati e calcolo di FI																								
Magnitudo (M): 5.88					amax: 0.283					Zw = 1.40 m					MSF= 10^2.21/M^2.50 = 1.93					Idriss e Boulanger, 2004				
Profondità	Spess.	tipo	γ	γ'	σv	σv'	rd	qc	Cn	qc1	FC	Cthin	qc1N	Δqc1N	(qc1N)cs	CSR	CRR7.5	FI	Liq.le?					
da m	a m	m	C/I	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq	kg/cmq	na	kg/cmq	%	na	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	na	na	na	(S/N)					
0.00	1.40	1.40	C	1.85	1.85	1.30	1.30	0.98	na	1.70	na	na	na	na	na	0.180	---	---	---	---				
1.40	2.00	0.60	I	1.85	0.85	3.15	2.85	0.95	57	1.70	97	30	1.00	97	55	152	0.193	0.405	4.06	NO				
2.00	3.60	1.60	I	1.85	0.85	5.18	3.78	0.92	80	1.63	130	30	1.00	130	62	192	0.231	0.461	3.86	NO				
3.60	3.80	0.20	C	1.85	0.85	6.85	4.55	0.89	na	1.48	na	na	na	na	na	na	0.246	---	---	---				
3.80	4.20	0.40	I	1.85	0.85	7.40	4.80	0.88	28	1.44	40	30	1.00	40	43	84	0.250	0.135	1.05	NO				
4.20	5.00	0.80	I	1.85	0.85	8.51	5.31	0.86	47	1.37	64	30	1.00	64	48	113	0.254	0.214	1.63	NO				
5.00	5.50	0.50	I	1.85	0.85	9.71	5.86	0.84	42	1.31	55	30	1.00	55	46	101	0.257	0.177	1.33	NO				
5.50	6.00	0.50	C	1.85	0.85	10.64	6.29	0.83	na	1.26	na	na	na	na	na	na	0.258	---	---	---				
6.00	6.60	0.60	I	1.85	0.85	11.66	6.76	0.81	40	1.22	49	30	1.36	66	49	115	0.257	0.221	1.66	NO				
6.60	7.60	1.00	I	1.85	0.85	13.14	7.44	0.79	47	1.16	55	30	1.10	60	47	107	0.256	0.195	1.48	NO				
7.60	8.20	0.60	C	1.85	0.85	14.62	8.12	0.76	na	1.11	na	na	na	na	na	na	0.253	---	---	---				
8.20	10.00	1.80	I	1.85	0.85	16.84	9.14	0.73	64	1.05	67	40	1.00	67	58	125	0.246	0.262	2.06	NO				
10.00	10.80	0.80	I	1.85	0.85	19.24	10.24	0.69	58	0.99	57	40	1.00	57	56	113	0.238	0.214	1.74	NO				
10.80	11.50	0.70	I	1.85	0.85	20.63	10.88	0.67	68	0.96	65	40	1.00	65	58	123	0.232	0.252	2.10	NO				
11.50	12.00	0.50	I	1.85	0.85	21.74	11.39	0.65	50	0.94	47	40	1.00	47	53	100	0.227	0.173	1.47	NO				
12.00	13.80	1.80	I	1.85	0.85	23.87	12.37	0.61	80	0.90	72	40	1.00	72	59	131	0.218	0.290	2.58	NO				
13.80	15.80	2.00	C	1.85	0.85	27.38	13.98	0.56	na	0.85	na	na	na	na	na	na	0.200	---	---	---				
15.80	16.60	0.80	I	1.85	0.85	29.97	15.17	0.54	60	0.81	49	40	1.21	59	56	115	0.197	0.222	2.18	NO				
16.60	17.00	0.40	I	1.85	0.85	31.08	15.68	0.54	50	0.80	40	40	1.55	62	57	119	0.197	0.236	2.32	NO				
17.00	17.30	0.30	C	1.85	0.85	31.73	15.98	0.54	na	0.79	na	na	na	na	na	na	0.196	---	---	---				
17.30	18.40	1.10	I	1.85	0.85	33.02	16.57	0.53	110	0.78	85	40	1.06	91	64	154	0.195	0.423	4.19	NO				
18.40	18.80	0.40	C	1.85	0.85	34.41	17.21	0.53	na	0.76	na	na	na	na	na	na	0.194	---	---	---				
18.80	19.40	0.60	I	1.85	0.85	35.34	17.64	0.53	34	0.75	26	40	1.36	35	50	85	0.194	0.137	1.37	NO				
19.40	20.00	0.60	I	1.85	0.85	36.45	18.15	0.52	24	0.74	18	40	1.36	24	48	72	0.193	0.115	1.15	NO				

Curve Recommended for Calculation of CRR from CPT Data along with Empirical Liquefaction Data (After Robertson and Wride)

Ipl	Rischio di liquefazione
Ipl = 0	Non liquefacibile
0<Ipl<2	Basso
2<Ipl<5	Moderato
5<Ipl<15	Alto
Ipl > 15	Molto alto

Ipl = ΣF(z) x w(z) x Δz	
w(z) = 10-0,5xz (z in metri)	
z = profondità dello strato	

Iwasaki et al. (1982)	
Se FI>1 F(z)=0	
Se FI<1 F(z)=1-FI	
Potenziale di liquefazione: Ipl =	0.00

Potenziale di liquefazione (IL)	
secondo Sonmez (2003)	
se FI>1.2 F(z) = 0	
se FI < 0.95 F(z)=1-FI	
se 0.95<FI<1.2 F(z)=2x10^6xe^(-18.427xFI)	
Potenziale di liquefazione: IL =	0.03

TAVOLA XI-2 bis

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128

Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)

Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.

Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Prove di riferimento: CPT.2/16 ΔH = εv x H in cm con H in metri e εv in %

H = spessore dello strato FI = coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione

εv = deformazione volumetrica σ'vo = pressione litostatica efficace

(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)

Cthin = correzione per strato sottile = 0,5(H-1,45)^2 con H<1,45

Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = (1/σ'vo)^0,5

Δqc = correzione per frazione fine:

Se FC ≤ 5% Δqc=0; se FC > 35%: Δqc=60; altrimenti Δqc=2(FC-5) kg/cmq

εv deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI

Strato		H	tipo	σ'	qc	Cn	FC	Cthin	Δqc1N	(qc1N)cs	FL	εv	ΔH
da m	a m	m	C/I	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.40	1.40	C	0.13	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.40	2.00	0.60	I	0.28	57	1.70	30	1.00	55	152	4.06	0.000	0.00
2.00	3.60	1.60	I	0.38	80	1.63	30	1.00	62	192	3.86	0.000	0.00
3.60	3.80	0.20	C	0.45	na	1.48	na	na	na	na	--	---	---
3.80	4.20	0.40	I	0.48	28	1.44	30	1.00	43	84	1.05	1.200	0.48
4.20	5.00	0.80	I	0.53	47	1.37	30	1.00	48	113	1.63	0.080	0.06
5.00	5.50	0.50	I	0.59	42	1.31	30	1.00	46	101	1.33	0.200	0.10
5.50	6.00	0.50	C	0.63	na	1.26	na	na	na	na	--	---	---
6.00	6.60	0.60	I	0.68	40	1.22	30	1.36	49	115	1.66	0.100	0.06
6.60	7.60	1.00	I	0.74	47	1.16	30	1.10	47	107	1.48	0.150	0.15
7.60	8.20	0.60	C	0.81	na	1.11	na	na	na	na	--	---	---
8.20	10.00	1.80	I	0.91	64	1.05	40	1.00	58	125	2.06	0.000	0.00
10.00	10.80	0.80	I	1.02	58	0.99	40	1.00	56	113	1.74	0.050	0.04
10.80	11.50	0.70	I	1.09	68	0.96	40	1.00	58	123	2.10	0.000	0.00
11.50	12.00	0.50	I	1.14	50	0.94	40	1.00	53	100	1.47	0.150	0.08
12.00	13.80	1.80	I	1.24	80	0.90	40	1.00	59	131	2.58	0.000	0.00
13.80	15.80	2.00	C	1.40	na	0.85	na	na	na	na	--	---	---
15.80	16.60	0.80	I	1.52	60	0.81	40	1.21	56	115	2.18	0.000	0.00
16.60	17.00	0.40	I	1.57	50	0.80	40	1.55	57	119	2.32	0.000	0.00
17.00	17.30	0.30	C	1.60	na	0.79	na	na	na	na	--	---	---
17.30	18.40	1.10	I	1.66	110	0.78	40	1.06	64	154	4.19	0.000	0.00
18.40	18.80	0.40	C	1.72	na	0.76	na	na	na	na	--	---	---
18.80	19.40	0.60	I	1.76	34	0.75	40	1.36	50	85	1.37	0.200	0.12
19.40	20.00	0.60	I	1.81	24	0.74	40	1.36	48	72	1.15	0.450	0.27

assestamento totale: cm 1.36

Effects of Liquefaction

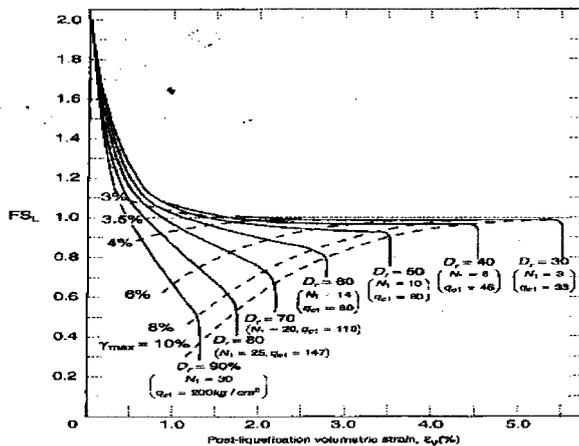


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as a function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of JSSMFE.)

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28

Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT

Riferimenti: Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007). Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004.	C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia Prova di riferimento: CPT.3/16	Correzioni C _{thin} = correzione per strato sottile C _{thin} = 0,5(H-1,45) H < 1,45 m max = 1,8 Δqc1N = correzione per la frazione fine (FC) Δqc1N = (11,9 + qc1n/14,6) x [1,63 - 9,7/(FC+2) - (15,7/(FC+2))^2] Idriss e Boulanger, 2004

Formule

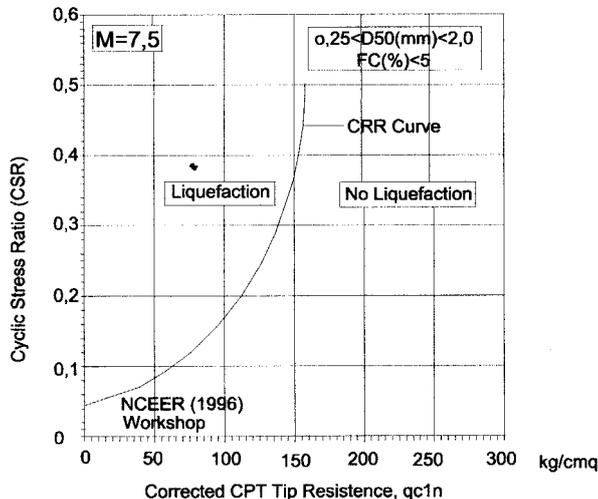
FI = (CRR7.5/CSR) x MSF se FI < 1 liquefazione possibile	sv = pressione litostatica totale	Fattore di correzione MSF
CRR = τ _{ult} /σ' _{vo} = resistenza normalizzata	s'v = pressione litostatica efficace	Idriss e Boulanger, 2004
CSR = τ _{media} /σ' _{vo} = 0,65 x (amax/g) x (σ _v /σ' _v) x rd (tensione indotta dal sisma)	amax = accelerazione max. al suolo	Magnitudo MSF
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto	g = accelerazione di gravità	5,5 2,29
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica	Z = profondità dello strato	6 1,84
qc1 = qc * Cn resistenza alla punta normalizzata	Cn = (Pa/σ' _v) ^{0,5}	6,5 1,51
Pa = pressione atmosferica (qc1N) _{cs} = qc1 x C _{thin} + Δqc1N	Zw = profondità della falda	7 1,25

1. Sandy Silt : D50 < 0,10 mm - FC >= 35%	CRR7,5 = 0,833 * [(qc1N) _{cs} /1000] ^{0,05} se (qc1N) _{cs} < 50 kg/cm ²
2. Silty Sand : 0,10 mm <= D50 < 0,25 mm - 5 < FC < 35%	CRR7,5 = 93 * [(qc1N) _{cs} /1000] ^{0,3} + 0,08 se (qc1N) _{cs} > 50 kg/cm ² e < 160 kg/cm ²
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC < 5%	rd = exp[(-1,012 - 1,126 * sen(Z/11,73 + 5,133)) + (0,106 + 0,118 * sen(Z/11,28 + 5,142))] * M Idriss e Boulanger - 2004

Introduzione dei dati e calcolo di FI

Magnitudo (M): 5.88	amax: 0.283	Zw = 2.00 m	MSF = 10 ^{-2.21/M} * 2.50 = 1.93	Idriss e Boulanger, 2004
---------------------	-------------	-------------	---	--------------------------

Profondità da m	Spess. a m	tipo C/l	γ t/mc	γ' t/mc	σ _v t/mq	σ' _v t/mq	rd	qc kg/cm ²	Cn	qc1 kg/cm ²	FC %	C _{thin}	qc1N kg/cm ²	Δqc1N kg/cm ²	(qc1N) _{cs} kg/cm ²	CSR	CRR7,5	FI	Liq.le? (S/N)	
0.00	2.00	2.00	C	1.85	1.85	1.85	1.85	0.97	na	1.70	na	na	na	na	na	0.178	---	---	---	
2.00	3.20	1.20	C	1.85	0.85	4.81	4.21	0.92	na	1.54	na	na	na	na	na	0.194	---	---	---	
3.20	3.60	0.40	I	1.85	0.85	6.29	4.89	0.90	27	1.43	39	30	1.55	60	47	107	0.212	0.195	1.77	NO
3.60	3.80	0.20	C	1.85	0.85	6.85	5.15	0.89	na	1.39	na	na	na	na	na	na	0.218	---	---	---
3.80	4.20	0.40	I	1.85	0.85	7.40	5.40	0.88	22	1.36	30	35	1.00	30	46	76	0.222	0.120	1.05	NO
4.20	5.00	0.80	I	1.85	0.85	8.51	5.91	0.86	47	1.30	61	35	1.00	61	53	114	0.228	0.217	1.84	NO
5.00	5.20	0.20	I	1.95	0.95	9.45	6.35	0.85	30	1.26	38	35	1.00	38	47	85	0.232	0.137	1.15	NO
5.20	6.10	0.90	I	1.85	0.85	10.47	6.82	0.83	46	1.21	56	35	1.15	64	53	118	0.235	0.231	1.91	NO
6.10	6.30	0.20	C	1.85	0.85	11.49	7.29	0.81	na	1.17	na	na	na	na	na	na	0.236	---	---	---
6.30	7.60	1.30	I	1.85	0.85	12.88	7.93	0.79	55	1.12	62	35	1.01	62	53	116	0.237	0.223	1.83	NO
7.60	8.30	0.70	C	1.85	0.85	14.73	8.78	0.76	na	1.07	na	na	na	na	na	na	0.235	---	---	---
8.30	9.00	0.70	I	1.85	0.85	16.02	9.37	0.74	47	1.03	49	35	1.00	49	50	98	0.233	0.169	1.40	NO
9.00	12.40	3.40	I	1.85	0.85	19.82	11.12	0.68	65	0.95	62	35	1.00	62	53	115	0.223	0.220	1.91	NO
12.40	13.60	1.20	I	1.85	0.85	24.07	13.07	0.61	75	0.87	66	40	1.00	66	58	123	0.207	0.255	2.38	NO
13.60	15.20	1.60	I	1.90	0.90	26.70	14.30	0.57	92	0.84	77	40	1.00	77	60	137	0.195	0.321	3.19	NO
15.20	16.00	0.80	C	1.85	0.85	28.96	15.36	0.55	na	0.81	na	na	na	na	na	na	0.190	---	---	---
16.00	16.40	0.40	I	1.85	0.85	30.07	15.87	0.54	29	0.79	23	40	1.55	36	51	86	0.189	0.140	1.43	NO
16.40	17.80	1.40	C	1.85	0.85	31.74	16.64	0.54	na	0.78	na	na	na	na	na	na	0.189	---	---	---
17.80	18.20	0.40	I	1.85	0.85	33.40	17.40	0.53	30	0.76	23	40	1.55	35	50	86	0.188	0.139	1.43	NO
18.20	18.60	0.40	I	1.85	0.85	34.14	17.74	0.53	37	0.75	28	40	1.55	43	52	95	0.187	0.161	1.66	NO
18.60	19.20	0.60	I	1.85	0.85	35.07	18.17	0.53	69	0.74	51	40	1.36	70	59	128	0.187	0.277	2.87	NO
19.20	20.00	0.80	C	1.85	0.85	36.36	18.76	0.52	na	0.73	na	na	na	na	na	na	0.186	---	---	---



Curve Recommended for Calculation of CRR from CPT Data along with Empirical Liquefaction Data (After Robertson and Wride)

Ipl	Rischio di liquefazione
Ipl = 0	Non liquefacibile
0 < Ipl < 2	Basso
2 < Ipl < 5	Moderato
5 < Ipl < 15	Alto
Ipl > 15	Molto alto
IPI = Σ F(z) x w(z) x Δz	
w(z) = 10 - 0,5xz (z in metri)	
z = profondità dello strato	
Iwasaki et al. (1982)	
Se FI > 1 F(z) = 0	
Se FI < 1 F(z) = 1 - FI	
Potenziale di liquefazione: Ipl = 0.00	
Potenziale di liquefazione (IL) secondo Sonmez (2003)	
se FI > 1.2 F(z) = 0	
se FI < 0.95 F(z) = 1 - FI	
se 0.95 < FI < 1.2 F(z) = 2 x 10 ⁻⁶ x e ^(-18.427 x FI)	
Potenziale di liquefazione: IL = 0.03	

TAVOLA XI-3 bis

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128													
Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)													
Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.													
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia													
Prova di riferimento:CPT.3/16							$\Delta H = \epsilon_v \times H$ in cm con H in metri e ϵ_v in %						
H = spessore dello strato				FI = coefficiente di sicurezza nei confronti dellaliquefazione									
ϵ_v = deformazione volumetrica				σ'_{vo} = pressione litostatica efficace									
(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)													
Cthin = correzione per strato sottile = $0,5(H-1,45)^2$ con $H < 1,45$													
Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = $(1/\sigma'_{vo})^{0,5}$													
Δqc = correzione per frazione fine:													
Se $FC \leq 5\%$ $\Delta qc = 0$; se $FC > 35\%$ $\Delta qc = 60$; altrimenti $\Delta qc = 2(FC-5)$ kg/cmq													
ev deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI													
Strato		H	tipo	σ'_v	qc	Cn	FC	Cthin	$\Delta qc1N$	(qc1N)cs	FL	ϵ_v	ΔH
da m	a m	m	C/I	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	2.00	2.00	C	0.19	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
2.00	3.20	1.20	C	0.42	na	1.54	na	na	na	na	--	---	---
3.20	3.60	0.40	I	0.49	27	1.43	30	1.55	47	107	1.77	0.050	0.02
3.60	3.80	0.20	C	0.51	na	1.39	na	na	na	na	--	---	---
3.80	4.20	0.40	I	0.54	22	1.36	35	1.00	46	76	1.05	1.100	0.44
4.20	5.00	0.80	I	0.59	47	1.30	35	1.00	53	114	1.84	0.020	0.02
5.00	5.20	0.20	I	0.63	30	1.26	35	1.00	47	85	1.15	0.500	0.10
5.20	6.10	0.90	I	0.68	46	1.21	35	1.15	53	118	1.91	0.010	0.01
6.10	6.30	0.20	C	0.73	na	1.17	na	na	na	na	--	---	---
6.30	7.60	1.30	I	0.79	55	1.12	35	1.01	53	116	1.83	0.020	0.03
7.60	8.30	0.70	C	0.88	na	1.07	na	na	na	na	--	---	---
8.30	9.00	0.70	I	0.94	47	1.03	35	1.00	50	98	1.40	0.200	0.14
9.00	12.40	3.40	I	1.11	65	0.95	35	1.00	53	115	1.91	0.000	0.00
12.40	13.60	1.20	I	1.31	75	0.87	40	1.00	58	123	2.38	0.000	0.00
13.60	15.20	1.60	I	1.43	92	0.84	40	1.00	60	137	3.19	0.000	0.00
15.20	16.00	0.80	C	1.54	na	0.81	na	na	na	na	--	---	---
16.00	16.40	0.40	I	1.59	29	0.79	40	1.55	51	86	1.43	0.200	0.08
16.40	17.80	1.40	C	1.66	na	0.78	na	na	na	na	--	---	---
17.80	18.20	0.40	I	1.74	30	0.76	40	1.55	50	86	1.43	0.200	0.08
18.20	18.60	0.40	I	1.77	37	0.75	40	1.55	52	95	1.66	0.100	0.04
18.60	19.20	0.60	I	1.82	69	0.74	40	1.36	59	128	2.87	0.000	0.00
19.20	20.00	0.80	C	1.88	na	0.73	na	na	na	na	--	---	---

assestamento totale: cm 0.95

Effects of Liquefaction

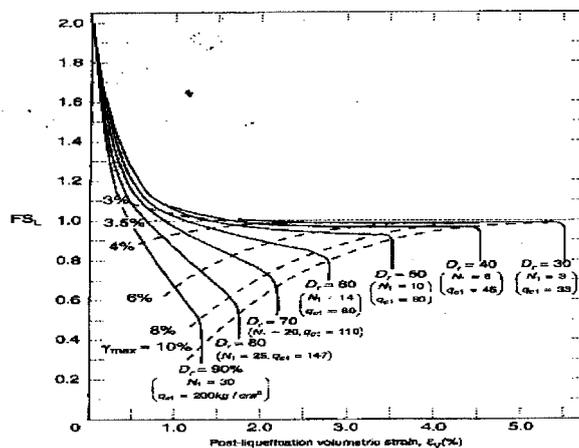


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as a function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of ISSMFE.)

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28

Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT

Riferimenti:		C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente
Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).		Correzioni
Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils		C _{thin} = correzione per strato sottile C _{thin} =0,5(H-1,45) H<1,45 m max=1,8
Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004.		A _{qc1N} = correzione per la frazione fine (FC) Δqc1N=(11,9+qc1n/14,6)×(1,63-9,7/(FC+2)-(15,7/(FC+2))^2) Idriss e Boulanger, 2004
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia		
Prova di riferimento: CPT.4/16		

Formule

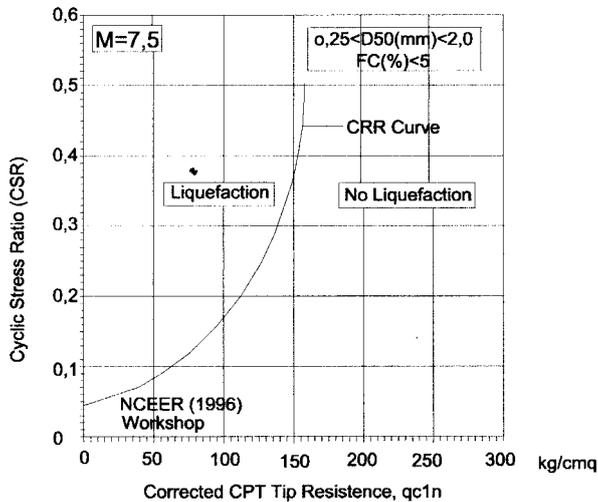
FI = (CRR7.5/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile	sv = pressione litostatica totale	Fattore di correzione MSF	
CRR = τ _{ult} /σ' _{vo} = resistenza normalizzata	s'v = pressione litostatica efficace	Idriss e Boulanger, 2004	
CSR = τ _{media} /σ' _{vo} = 0,65x(amax/g)x(σ _v /σ' _{vo})xrd (tensione indotta dal sisma)	amax = accelerazione max. al suolo	Magnitudo	MSF
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto	g = accelerazione di gravità	5.5	2.29
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica	Z = profondità dello strato	6	1.84
qc1 = qc * Cn resistenza alla punta normalizzata	Cn = (Pa/σ' _v)^0,5	6.5	1.51
Pa = pressione atmosferica	Zw = profondità della falda	7	1.25

1. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC<=35%	CRR7,5=0,833*((qc1N)cs/1000)+0,05 se (qc1N)cs<50 kg/cmq
2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%	CRR7,5=93*((qc1N)cs/1000)^3+0,08 se (qc1N)cs>50 kg/cmq e < 160 kg/cmq
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC <= 5%	rd = exp((-1,012-1,128sen(Z/11,73+5,133))+(0,106+0,118sen(Z/11,28+5,142)))M Idriss e Boulanger - 2004

Introduzione dei dati e calcolo di FI

Magnitudo (M):	5.88	amax:	0.283	Zw =	1.80	m	MSF = 10^2.21/M^2.50 =	1.93	Idriss e Boulanger, 2004
----------------	------	-------	-------	------	------	---	------------------------	------	--------------------------

Profondità	Spess.	tipo	γ	γ'	σ _v	σ' _v	rd	qc	Cn	qc1	FC	C _{thin}	qc1N	A _{qc1N}	(qc1N)cs	CSR	CRR7,5	FI	Liq.le?	
da m	a m	m	C/I	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq	kg/cmq	na	kg/cmq	%	na	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				(S/N)	
0.00	1.80	1.80	C	1.85	1.85	1.67	1.67	0.97	na	1.70	na	na	na	na	na	0.179	---	---	---	
1.80	2.20	0.40	I	1.85	0.85	3.70	3.50	0.94	87	1.69	147	30	1.00	147	65	212	0.183	0.461	4.88	NO
2.20	2.80	0.60	I	1.85	0.85	4.63	3.93	0.93	49	1.60	78	35	1.00	78	57	135	0.200	0.308	2.97	NO
2.80	3.80	1.00	I	1.85	0.85	6.11	4.61	0.90	86	1.47	127	30	1.10	140	64	203	0.220	0.461	4.06	NO
3.80	4.60	0.80	I	1.85	0.85	7.77	5.37	0.87	62	1.36	85	35	1.00	85	58	143	0.233	0.350	2.91	NO
4.60	5.20	0.60	I	1.85	0.85	9.07	5.97	0.85	37	1.29	48	35	1.00	48	50	98	0.238	0.167	1.35	NO
5.20	5.40	0.20	C	1.85	0.85	9.81	6.31	0.84	na	1.26	na	na	na	na	na	na	0.241	---	---	---
5.40	6.20	0.80	I	1.85	0.85	10.73	6.73	0.83	42	1.22	51	35	1.00	51	51	102	0.242	0.178	1.42	NO
6.20	7.20	1.00	I	1.85	0.85	12.40	7.50	0.80	70	1.16	81	35	1.10	89	59	148	0.243	0.382	3.04	NO
7.20	7.50	0.30	C	1.85	0.85	13.60	8.05	0.78	na	1.11	na	na	na	na	na	na	0.242	---	---	---
7.50	8.60	1.10	I	1.85	0.85	14.89	8.64	0.76	53	1.08	57	35	1.06	61	53	113	0.240	0.215	1.73	NO
8.60	10.00	1.40	I	1.85	0.85	17.21	9.71	0.72	50	1.02	51	35	1.00	51	50	101	0.235	0.177	1.45	NO
10.00	10.40	0.40	I	1.85	0.85	18.87	10.47	0.69	40	0.98	39	40	1.00	39	51	90	0.230	0.149	1.25	NO
10.40	13.20	2.80	I	1.85	0.85	21.83	11.83	0.65	84	0.92	77	40	1.00	77	61	138	0.219	0.323	2.85	NO
13.20	13.60	0.40	I	1.85	0.85	24.79	13.19	0.60	70	0.87	61	40	1.00	61	57	118	0.207	0.231	2.16	NO
13.60	14.40	0.80	I	1.85	0.85	25.90	13.70	0.58	94	0.85	80	40	1.00	80	61	142	0.202	0.344	3.30	NO
14.40	14.80	0.40	I	1.85	0.85	27.01	14.21	0.56	80	0.84	67	40	1.55	104	67	171	0.197	0.461	4.54	NO
14.80	17.00	2.20	C	1.85	0.85	29.42	15.32	0.54	na	0.81	na	na	na	na	na	na	0.192	---	---	---
17.00	17.80	0.80	I	1.85	0.85	32.19	16.59	0.54	31	0.78	24	40	1.21	29	49	78	0.191	0.124	1.26	NO
17.80	18.00	0.20	C	1.85	0.85	33.12	17.02	0.53	na	0.77	na	na	na	na	na	na	0.191	---	---	---
18.00	18.40	0.40	I	1.85	0.85	33.67	17.27	0.53	56	0.76	43	40	1.55	66	58	124	0.190	0.257	2.61	NO
18.40	19.00	0.60	I	1.85	0.85	34.60	17.70	0.53	42	0.75	32	40	1.36	43	52	95	0.190	0.160	1.63	NO
19.00	20.00	1.00	C	1.85	0.85	36.08	18.38	0.52	na	0.74	na	na	na	na	na	na	0.189	---	---	---



Curve Recommended for Calculation of CRR from CPT Data along with Empirical Liquefaction Data (After Robertson and Wride)

Ipl	Rischio di liquefazione
Ipl = 0	Non liquefacibile
0<Ipl<2	Basso
2<Ipl<5	Moderato
5<Ipl<15	Alto
Ipl > 15	Molto alto
IPI = ΣF(z) x w(z) x Δz	
w(z) = 10-0,5xz (z in metri)	
z = profondità dello strato	
Iwasaki et al. (1982)	
Se FI>1 F(z)=0	
Se FI<1 F(z)=1-FI	
Potenziale di liquefazione: Ipl =	0.00
Potenziale di liquefazione (IL)	
secondo Sonmez (2003)	
se FI>1.2 F(z) = 0	
se FI < 0.95 F(z)=1-FI	
se 0.95<FI<1.2 F(z)=2x10^6xe^(-18,427xFI)	
Potenziale di liquefazione: IL =	0.00

TAVOLA XI-4bis

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128													
Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)													
Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.													
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia													
Prova di riferimento:CPT.4/16						$\Delta H = \epsilon_v \times H$ in cm con H in metri e ϵ_v in %							
H = spessore dello strato			FI = coefficiente di sicurezza nei confronti dellaliquefazione										
ev = deformazione volumetrica			σ'_{vo} = pressione litostatica efficace										
(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)													
Cthin = correzione per strato sottile = $0,5(H-1,45)^2$ con $H<1,45$													
Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = $(1/\sigma'_{vo})^{0,5}$													
Δqc = correzione per frazione fine:													
Se $FC \leq 5\%$ $\Delta qc = 0$; se $FC > 35\%$ $\Delta qc = 60$; altrimenti $\Delta qc = 2(FC-5)$ kg/cmq													
ϵ_v deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI													
Strato		H	tipo	σ'_v	qc	Cn	FC	Cthin	$\Delta qc1N$	(qc1N)cs	FL	ϵ_v	ΔH
da m	a m	m	C/l	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.80	1.80	C	0.17	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.80	2.20	0.40	I	0.35	87	1.69	30	1.00	65	212	4.88	0.000	0.00
2.20	2.80	0.60	I	0.39	49	1.60	35	1.00	57	135	2.97	0.000	0.00
2.80	3.80	1.00	I	0.46	86	1.47	30	1.10	64	203	4.06	0.000	0.00
3.80	4.60	0.80	I	0.54	62	1.36	35	1.00	58	143	2.91	0.000	0.00
4.60	5.20	0.60	I	0.60	37	1.29	35	1.00	50	98	1.35	0.200	0.12
5.20	5.40	0.20	C	0.63	na	1.26	na	na	na	na	--	---	---
5.40	6.20	0.80	I	0.67	42	1.22	35	1.00	51	102	1.42	0.150	0.12
6.20	7.20	1.00	I	0.75	70	1.16	35	1.10	59	148	3.04	0.000	0.00
7.20	7.50	0.30	C	0.80	na	1.11	na	na	na	na	--	---	---
7.50	8.60	1.10	I	0.86	53	1.08	35	1.06	53	113	1.73	0.080	0.09
8.60	10.00	1.40	I	0.97	50	1.02	35	1.00	50	101	1.45	0.200	0.28
10.00	10.40	0.40	I	1.05	40	0.98	40	1.00	51	90	1.25	0.250	0.10
10.40	13.20	2.80	I	1.18	84	0.92	40	1.00	61	138	2.85	0.000	0.00
13.20	13.60	0.40	I	1.32	70	0.87	40	1.00	57	118	2.16	0.000	0.00
13.60	14.40	0.80	I	1.37	94	0.85	40	1.00	61	142	3.30	0.000	0.00
14.40	14.80	0.40	I	1.42	80	0.84	40	1.55	67	171	4.54	0.000	0.00
14.80	17.00	2.20	C	1.53	na	0.81	na	na	na	na	--	---	---
17.00	17.80	0.80	I	1.66	31	0.78	40	1.21	49	78	1.26	0.250	0.20
17.80	18.00	0.20	C	1.70	na	0.77	na	na	na	na	--	---	---
18.00	18.40	0.40	I	1.73	56	0.76	40	1.55	58	124	2.61	0.000	0.00
18.40	19.00	0.60	I	1.77	42	0.75	40	1.36	52	95	1.63	0.080	0.05
19.00	20.00	1.00	C	1.84	na	0.74	na	na	na	na	--	---	---

assestamento totale: cm 0.96

Effects of Liquefaction

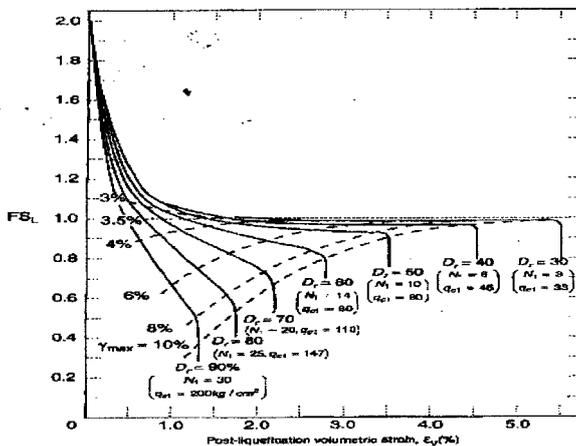


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of JSSMFE.)

TAVOLA XI-5

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28

Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT

<p>Riferimenti:</p> <p>Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).</p> <p>Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils</p> <p>Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004.</p> <p>Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia</p>	<p>C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente</p> <p style="text-align: center;">Correzioni</p> <p>C_{thin} = correzione per strato sottile C_{thin}=0,5(H-1,45) H<1,45 m max=1,8</p> <p>Δqc1N = correzione per la frazione fine (FC) Δqc1N=(11.9+qc1n/14.6)×[1.63-9.7/(FC+2)-(15.7/(FC+2))²] Idriss e Boulanger, 2004</p>
--	---

Prove di riferimento: CPT.1/13

Formule

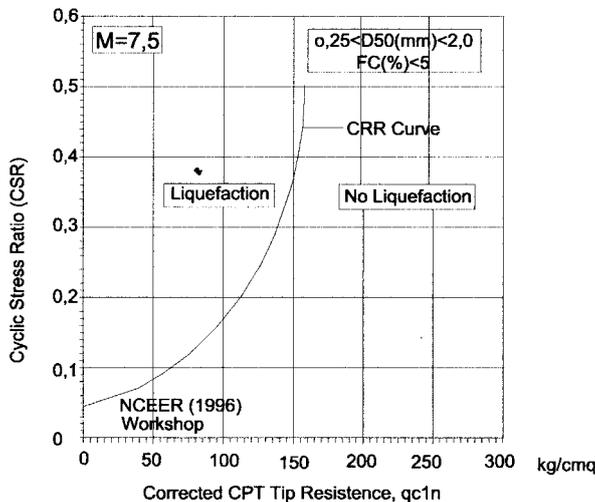
FI = (CRR7.5/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile	sv = pressione litostatica totale	Fattore di correzione MSF
CRR = τult/σ'vo = resistenza normalizzata	s'v = pressione litostatica efficace	Idriss e Boulanger, 2004
CSR = τmedia/σ'vo = 0,65x(amax/g)x(σv/σ'v)xrd (tensione indotta dal sisma)	amax = accelerazione max. al suolo	Magnitudo
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto	g = accelerazione di gravità	MSF
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica	Z = profondità dello strato	5.5 2.29
qc1 = qc * Cn resistenza alla punta normalizzata	Cn = (Pa/σ'v) ^{0.5}	6 1.84
Pa = pressione atmosferica (qc1N)cs=qc1xCthin+Δqc1N	Zw = profondità della falda	6.5 1.51
		7 1.25

1. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%	CRR7.5=0,833*[(qc1N)cs/1000]+0,05 se (qc1N)cs<50 kg/cmq	
2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%	CRR7.5=93*[(qc1N)cs/1000] ³ +0,08 se (qc1N)cs>50 kg/cmq e < 160 kg/cmq	
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC <= 5%	rd = exp[(-1.012-1.128sen(Z/11.73+5.133))/(0.106+0.118sen(Z/11.28+5.142))]M	Idriss e Boulanger - 2004

Introduzione dei dati e calcolo di FI

Magnitudo (M): 5.88	amax: 0.283	Zw = 1.50 m	MSF = 10 ^{2.21/M-2.50} = 1.93	Idriss e Boulanger, 2004
---------------------	-------------	-------------	--	--------------------------

Profondità	Spess.	tipo	γ	γ'	σv	σv'	rd	qc	Cn	qc1	FC	Cthin	qc1N	Δqc1N	(qc1N)cs	CSR	CRR7.5	FI	Liq.le?	
da m	a m	m	C/I	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq	kg/cmq		kg/cmq	%	na	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				(S/N)	
0.00	1.50	1.50	C	1.85	1.85	1.39	1.39	0.98	na	1.70	na	na	na	na	na	0.180	---	---	---	
1.50	4.00	2.50	C	1.85	0.85	5.09	3.84	0.92	na	1.61	na	na	na	na	na	0.224	---	---	---	
4.00	4.80	0.80	I	1.85	0.85	8.14	5.24	0.87	30	1.38	41	35	1.00	41	48	90	0.248	0.147	1.15	NO
4.80	5.60	0.80	I	1.85	0.85	9.62	5.92	0.84	45	1.30	58	35	1.00	58	52	111	0.252	0.206	1.58	NO
5.60	6.40	0.80	I	1.85	0.85	11.10	6.60	0.82	50	1.23	62	35	1.21	75	56	130	0.254	0.286	2.18	NO
6.40	6.80	0.40	I	1.85	0.85	12.21	7.11	0.80	28	1.19	33	35	1.55	52	51	102	0.253	0.179	1.37	NO
6.80	9.00	2.20	I	1.85	0.85	14.62	8.22	0.76	48	1.10	53	35	1.00	53	51	104	0.250	0.184	1.43	NO
9.00	10.80	1.80	I	1.85	0.85	18.32	9.92	0.70	65	1.00	65	35	1.00	65	54	119	0.239	0.237	1.92	NO
10.80	11.20	0.40	I	1.85	0.85	20.35	10.85	0.67	50	0.96	48	35	1.00	48	50	98	0.231	0.167	1.40	NO
11.20	12.00	0.80	I	1.85	0.85	21.46	11.36	0.65	55	0.94	52	40	1.00	52	54	106	0.227	0.191	1.63	NO
12.00	13.40	1.40	I	1.85	0.85	23.50	12.30	0.62	75	0.90	68	40	1.00	68	58	126	0.218	0.266	2.36	NO
13.40	14.60	1.20	I	1.85	0.85	25.90	13.40	0.58	90	0.86	78	40	1.00	78	61	138	0.206	0.327	3.06	NO
14.60	15.50	0.90	I	1.85	0.85	27.84	14.29	0.55	105	0.84	88	40	1.00	88	63	151	0.197	0.400	3.93	NO
15.50	17.60	2.10	C	1.85	0.85	30.62	15.57	0.54	na	0.80	na	na	na	na	na	na	0.196	---	---	---
17.60	18.40	0.80	I	1.85	0.85	33.30	16.80	0.53	48	0.77	37	40	1.21	45	53	98	0.194	0.166	1.66	NO
18.40	18.80	0.40	C	1.85	0.85	34.41	17.31	0.53	na	0.76	na	na	na	na	na	na	0.193	---	---	---
18.80	19.20	0.40	I	1.85	0.85	35.15	17.65	0.53	60	0.75	45	40	1.55	70	59	129	0.193	0.279	2.80	NO
19.20	19.80	0.60	I	1.85	0.85	36.08	18.08	0.52	72	0.74	54	40	1.00	54	55	108	0.192	0.198	2.00	NO
19.80	20.00	0.20	I	1.85	0.85	36.82	18.42	0.52	55	0.74	41	40	1.00	41	52	92	0.191	0.153	1.55	NO



Curve Recommended for Calculation of CRR from CPT Data along with Empirical Liquefaction Data (After Robertson and Wride)

ipl	Rischio di liquefazione
ipl = 0	Non liquefacibile
0<ipl<2	Basso
2<ipl<5	Moderato
5<ipl<15	Alto
ipl > 15	Molto alto
IPI = ΣF(z) x w(z) x Δz	
w(z) = 10-0.5xz (z in metri)	
z = profondità dello strato	
Iwasaki et al. (1982)	
Se FI>1 F(z)=0	
Se FI<1 F(z)=1-FI	
Potenziale di liquefazione: ipl =	0.00
Potenziale di liquefazione (IL) secondo Sonmez (2003)	
se FI > 1.20 F(z)=0	
se FI < 0.95 F(z)=1-FI	
se 0.95<FI<1.2 F(z)=2x10 ⁶ xe ^{-18.427xFI}	
Potenziale di liquefazione: ipl =	0.01

TAVOLA XI-5 bis

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128													
Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)													
Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.													
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia													
Prove di riferimento:CPT.1/13							$\Delta H = \epsilon_v \times H$ in cm con H in metri e ϵ_v in %						
H = spessore dello strato				FI = coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione									
ϵ_v = deformazione volumetrica				σ'_{vo} = pressione litostatica efficace									
(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)													
Cthin = correzione per strato sottile = $0,5(H-1,45)^2$ con $H < 1,45$													
Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = $(1/\sigma'_{vo})^{0,5}$													
Δqc = correzione per frazione fine:													
Se $FC \leq 5\%$ $\Delta qc = 0$; se $FC > 35\%$ $\Delta qc = 60$; altrimenti $\Delta qc = 2(FC - 5)$ kg/cmq													
ev deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI													
Strato		H	tipo	σ'_v	qc	Cn	FC	Cthin	$\Delta qc1N$	(qc1N)cs	FL	ϵ_v	ΔH
da m	a m	m	C/I	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.50	1.50	C	0.14	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.50	4.00	2.50	C	0.38	na	1.61	na	na	na	na	--	---	---
4.00	4.80	0.80	I	0.52	30	1.38	35	1.00	48	90	1.15	0.500	0.40
4.80	5.60	0.80	I	0.59	45	1.30	35	1.00	52	111	1.58	0.100	0.08
5.60	6.40	0.80	I	0.66	50	1.23	35	1.21	56	130	2.18	0.000	0.00
6.40	6.80	0.40	I	0.71	28	1.19	35	1.55	51	102	1.37	0.200	0.08
6.80	9.00	2.20	I	0.82	48	1.10	35	1.00	51	104	1.43	0.150	0.33
9.00	10.80	1.80	I	0.99	65	1.00	35	1.00	54	119	1.92	0.000	0.00
10.80	11.20	0.40	I	1.09	50	0.96	35	1.00	50	98	1.40	0.120	0.05
11.20	12.00	0.80	I	1.14	55	0.94	40	1.00	54	106	1.63	0.080	0.06
12.00	13.40	1.40	I	1.23	75	0.90	40	1.00	58	126	2.36	0.000	0.00
13.40	14.60	1.20	I	1.34	90	0.86	40	1.00	61	138	3.06	0.000	0.00
14.60	15.50	0.90	I	1.43	105	0.84	40	1.00	63	151	3.93	0.000	0.00
15.50	17.60	2.10	C	1.56	na	0.80	na	na	na	na	--	---	---
17.60	18.40	0.80	I	1.68	48	0.77	40	1.21	53	98	1.66	0.100	0.08
18.40	18.80	0.40	C	1.73	na	0.76	na	na	na	na	--	---	---
18.80	19.20	0.40	I	1.77	60	0.75	40	1.55	59	129	2.80	0.000	0.00
19.20	19.80	0.60	I	1.81	72	0.74	40	1.00	55	108	2.00	0.000	0.00
19.80	20.00	0.20	I	1.84	55	0.74	40	1.00	52	92	1.55	0.100	0.02

assestamento totale: cm 1.10

Effects of Liquefaction

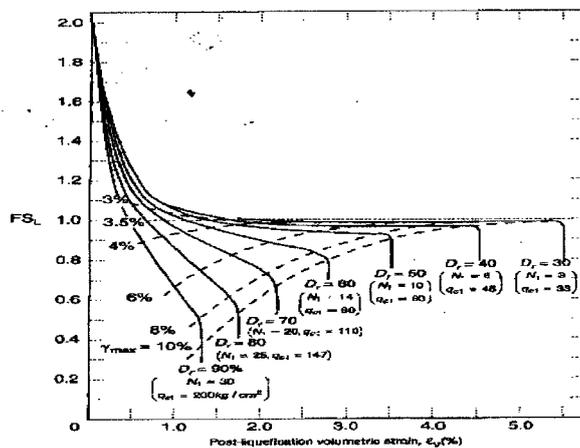


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as a function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992; used by permission of JSSMFE.)

TAVOLA XI-6

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28

Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT

Riferimenti: Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007). Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004. Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia Prove di riferimento: CPT.2/13	C = terreno coesivo o fuori falda l = terreno incoerente Correzioni Cthin = correzione per strato sottile $C_{thin} = 0,5(H-1,45) \quad H < 1,45 \text{ m} \quad \text{max}=1,8$ $\Delta qc1N$ = correzione per la frazione fine (FC) $\Delta qc1N = (11,9 + qc1N/14,6) \times [1,63 - 9,7/(FC+2) - (15,7/(FC+2))^2]$ Idriss e Boulanger, 2004
--	---

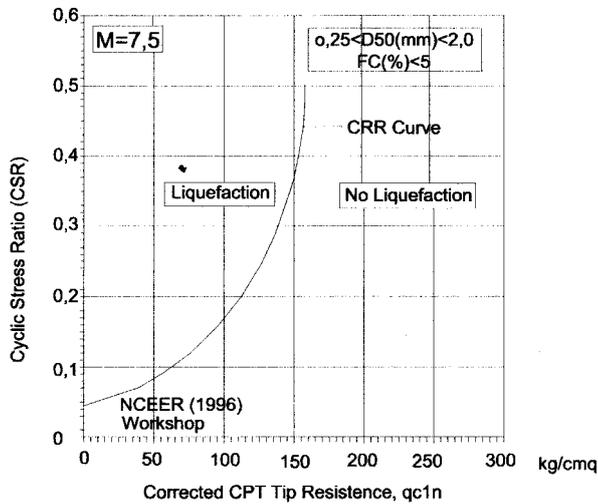
Formule													
FI = (CRR7.5/CSR) x MSF se FI < 1 liquefazione possibile CRR = τ_{ult}/σ'_{vo} = resistenza normalizzata $CSR = \tau_{media}/\sigma'_{vo} = 0,65 \times (a_{max}/g) \times (\sigma'_{v}/\sigma'_{vo}) \times r_d$ (tensione indotta dal sisma) MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto rd = fattore riduttivo dell'azione sismica $qc1 = qc \cdot C_n$ resistenza alla punta normalizzata Pa = pressione atmosferica $(qc1N)_{cs} = qc1 \times C_{thin} + \Delta qc1N$	sv = pressione litostatica totale sv' = pressione litostatica efficace a _{max} = accelerazione max. al suolo g = accelerazione di gravità Z = profondità dello strato C _n = $(Pa/\sigma'_{v})^{0,5}$ Zw = profondità della falda	Fattore di correzione MSF Idriss e Boulanger, 2004 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Magnitudo</th> <th>MSF</th> </tr> <tr> <td>5,5</td> <td>2,29</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>1,84</td> </tr> <tr> <td>6,5</td> <td>1,51</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1,25</td> </tr> </table>		Magnitudo	MSF	5,5	2,29	6	1,84	6,5	1,51	7	1,25
Magnitudo	MSF												
5,5	2,29												
6	1,84												
6,5	1,51												
7	1,25												

1. Sandy Silt : D50 < 0,10 mm - FC >= 35%	CRR7,5 = $0,833 \cdot [(qc1N)_{cs}/1000]^{+0,05}$ se $(qc1N)_{cs} < 50 \text{ kg/cm}^2$	
2. Silty Sand : 0,10 mm <= D50 < 0,25 mm - 5 < FC < 35%	CRR7,5 = $93 \cdot [(qc1N)_{cs}/1000]^3 + 0,08$ se $(qc1N)_{cs} > 50 \text{ kg/cm}^2$ e < 160 kg/cm ²	
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC <= 5%	$rd = \exp[(-1,012 - 1,126 \cdot \text{sen}(Z/11,73 + 5,133)) + (0,106 + 0,118 \cdot \text{sen}(Z/11,28 + 5,142))] \cdot M$	Idriss e Boulanger - 2004

Introduzione dei dati e calcolo di FI

Magnitudo (M):	5.88	a _{max} :	0.283	Z _w =	1.50 m	MSF = $10^{2,21/M - 2,50}$ =	1.93	Idriss e Boulanger, 2004
----------------	------	--------------------	-------	------------------	--------	------------------------------	------	--------------------------

Profondità da m	Spess. a m	tipo	γ	γ'	σ _v	σ _v '	r _d	qc	C _n	qc1	FC	C _{thin}	qc1N	Δqc1N	(qc1N) _{cs}	CSR	CRR7,5	FI	Liq.le? (S/N)	
0.00	1.50	1.50	C	1.85	1.85	1.39	1.39	0.98	na	1.70	na	na	na	na	na	0.180	---	---	---	
1.50	4.00	2.50	C	1.85	0.85	5.09	3.84	0.92	na	1.61	na	na	na	na	na	0.224	---	---	---	
4.00	4.60	0.60	I	1.85	0.85	7.96	5.16	0.87	48	1.39	67	35	1.36	91	59	150	0.247	0.397	3.11	NO
4.60	5.20	0.60	I	1.85	0.85	9.07	5.67	0.85	30	1.33	40	35	1.00	40	48	88	0.251	0.143	1.10	NO
5.20	5.60	0.40	I	1.85	0.85	9.99	6.09	0.84	37	1.28	47	35	1.00	47	50	97	0.253	0.165	1.26	NO
5.60	6.80	1.20	I	1.85	0.85	11.47	6.77	0.81	45	1.22	55	35	1.00	55	51	106	0.254	0.191	1.45	NO
6.80	7.40	0.60	I	1.85	0.85	13.14	7.54	0.79	68	1.15	78	35	1.36	107	63	170	0.252	0.461	3.53	NO
7.40	9.00	1.60	I	1.85	0.85	15.17	8.47	0.75	50	1.09	54	35	1.00	54	51	106	0.248	0.189	1.47	NO
9.00	9.50	0.50	I	1.85	0.85	17.11	9.36	0.72	39	1.03	40	35	1.00	40	48	88	0.243	0.144	1.15	NO
9.50	10.00	0.50	I	1.85	0.85	18.04	9.79	0.71	48	1.01	49	35	1.00	49	50	98	0.240	0.169	1.36	NO
10.00	11.20	1.20	I	1.85	0.85	19.61	10.51	0.68	60	0.98	59	35	1.00	59	52	111	0.234	0.206	1.70	NO
11.20	12.00	0.80	I	1.85	0.85	21.46	11.36	0.65	70	0.94	66	40	1.00	66	58	123	0.227	0.255	2.18	NO
12.00	12.60	0.60	I	1.85	0.85	22.76	11.96	0.63	57	0.91	52	40	1.00	52	55	107	0.221	0.193	1.69	NO
12.60	13.80	1.20	I	1.85	0.85	24.42	12.72	0.60	75	0.89	66	40	1.00	66	58	124	0.213	0.259	2.35	NO
13.80	15.40	1.60	I	1.85	0.85	27.01	13.91	0.56	70	0.85	59	40	1.00	59	56	116	0.201	0.224	2.16	NO
15.40	17.00	1.60	C	1.85	0.85	29.97	15.27	0.54	na	0.81	na	na	na	na	na	na	0.196	---	---	---
17.00	17.60	0.60	I	1.85	0.85	32.01	16.21	0.54	40	0.79	31	40	1.36	43	52	95	0.195	0.160	1.59	NO
17.60	17.90	0.30	C	1.85	0.85	32.84	16.59	0.53	na	0.78	na	na	na	na	na	na	0.194	---	---	---
17.90	18.20	0.30	I	1.85	0.85	33.39	16.84	0.53	48	0.77	37	40	1.66	61	57	118	0.194	0.234	2.33	NO
18.20	18.80	0.60	I	1.85	0.85	34.23	17.23	0.53	69	0.76	53	40	1.36	72	59	131	0.193	0.288	2.88	NO
18.80	19.30	0.50	I	1.85	0.85	35.24	17.69	0.53	40	0.75	30	40	1.45	44	52	96	0.193	0.163	1.63	NO
19.30	20.00	0.70	C	1.85	0.85	36.35	18.20	0.52	na	0.74	na	na	na	na	na	na	0.192	---	---	---



I _{pl}	Rischio di liquefazione
I _{pl} = 0	Non liquefacibile
0 < I _{pl} < 2	Basso
2 < I _{pl} < 5	Moderato
5 < I _{pl} < 15	Alto
I _{pl} > 15	Molto alto

IPI = Σ F(z) x w(z) x Δz	
w(z) = 10 - 0,5z (z in metri)	
z = profondità dello strato	

Iwagaki et al. (1982)	
Se FI > 1	F(z) = 0
Se FI < 1	F(z) = 1 - FI
Potenziale di liquefazione: I _{pl} =	
0.00	

Potenziale di liquefazione (IL) secondo Sonmez (2003)	
se FI > 1.2	F(z) = 0
se FI < 0.95	F(z) = 1 - FI
se 0.95 < FI < 1.2	F(z) = 2 x 10 ⁶ x e ^{-18.427 x FI}
Potenziale di liquefazione: IL =	
0.02	

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128

Cedimenti postsmicici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)

Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.

Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Prove di riferimento: CPT.2/13

$\Delta H = \epsilon_v \times H$ in cm con H in metri e ϵ_v in %

H = spessore dello strato

FI = coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione

ϵ_v = deformazione volumetrica

σ'_{vo} = pressione litostatica efficace

(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)

Cthin = correzione per strato sottile = $0,5(H-1,45)^2$ con $H < 1,45$

Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = $(1/\sigma'_{vo})^{0,5}$

Δqc = correzione per frazione fine:

Se $FC \leq 5\%$ $\Delta qc = 0$; se $FC \geq 35\%$ $\Delta qc = 60$; altrimenti $\Delta qc = 2(FC-5)$ kg/cmq

ϵ_v deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI

Strato		H	tipo	σ'_v	qc	Cn	FC	Cthin	$\Delta qc1N$	(qc1N)cs	FL	ϵ_v	ΔH
da m	a m	m	C/l	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.50	1.50	C	0.14	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.50	4.00	2.50	C	0.38	na	1.61	na	na	na	na	--	---	---
4.00	4.60	0.60	I	0.52	48	1.39	35	1.36	59	150	3.11	0.000	0.00
4.60	5.20	0.60	I	0.57	30	1.33	35	1.00	48	88	1.10	0.550	0.33
5.20	5.60	0.40	I	0.61	37	1.28	35	1.00	50	97	1.26	0.250	0.10
5.60	6.80	1.20	I	0.68	45	1.22	35	1.00	51	106	1.45	0.100	0.12
6.80	7.40	0.60	I	0.75	68	1.15	35	1.36	63	170	3.53	0.050	0.03
7.40	9.00	1.60	I	0.85	50	1.09	35	1.00	51	106	1.47	0.100	0.16
9.00	9.50	0.50	I	0.94	39	1.03	35	1.00	48	88	1.15	0.500	0.25
9.50	10.00	0.50	I	0.98	48	1.01	35	1.00	50	98	1.36	0.200	0.10
10.00	11.20	1.20	I	1.05	60	0.98	35	1.00	52	111	1.70	0.050	0.06
11.20	12.00	0.80	I	1.14	70	0.94	40	1.00	58	123	2.18	0.000	0.00
12.00	12.60	0.60	I	1.20	57	0.91	40	1.00	55	107	1.69	0.050	0.03
12.60	13.80	1.20	I	1.27	75	0.89	40	1.00	58	124	2.35	0.000	0.00
13.80	15.40	1.60	I	1.39	70	0.85	40	1.00	56	116	2.16	0.000	0.00
15.40	17.00	1.60	C	1.53	na	0.81	na	na	na	na	--	---	---
17.00	17.60	0.60	I	1.62	40	0.79	40	1.36	52	95	1.59	0.100	0.06
17.60	17.90	0.30	C	1.66	na	0.78	na	na	na	na	--	---	---
17.90	18.20	0.30	I	1.68	48	0.77	40	1.66	57	118	2.33	0.000	0.00
18.20	18.80	0.60	I	1.72	69	0.76	40	1.36	59	131	2.88	0.000	0.00
18.80	19.30	0.50	I	1.77	40	0.75	40	1.45	52	96	1.63	0.100	0.05
19.30	20.00	0.70	C	1.82	na	0.74	na	na	na	na	--	---	---

assestamento totale: cm 1.29

Effects of Liquefaction

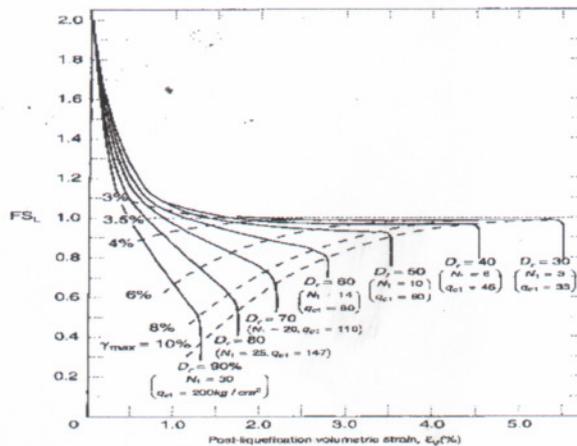


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as a function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of JSSMFE.)

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28

Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT

Riferimenti:	C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente
Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).	
Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils	Correzioni Cthin = correzione per strato sottile Cthin=0,5(H-1,45) H<1,45 m max=1,8
Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004.	Δqc1N = correzione per la frazione fine (FC) Δqc1N=(11.9+qc1n/14.6)x(1.63-9.7/(FC+2))-(15.7/(FC+2))^2 Idriss e Boulanger, 2004
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia	
Prove di riferimento: CPT.3/13	

Formule

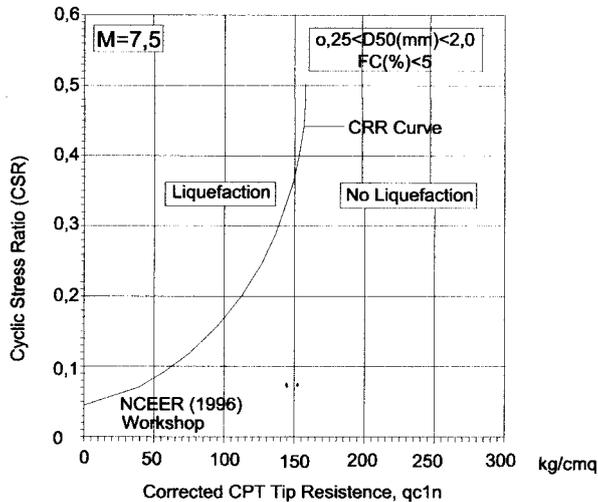
FI = (CRR7.5/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile	sv = pressione litostatica totale	Fattore di correzione MSF	
CRR = τ_{ult}/σ'_{vo} = resistenza normalizzata	s'v = pressione litostatica efficace	Idriss e Boulanger, 2004	
CSR = $\tau_{media}/\sigma'_{vo} = 0,65 \times (a_{max}/g) \times (\sigma'_{vo}/\sigma'_v) \times r_d$ (tensione indotta dal sisma)	a _{max} = accelerazione max. al suolo	Magnitudo	MSF
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto	g = accelerazione di gravità	5,5	2,29
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica	Z = profondità dello strato	6	1,84
qc1 = qc * Cn	Cn = (Pa/σ'v)^0,5	6,5	1,51
Pa = pressione atmosferica	Zw = profondità della falda	7	1,25
(qc1N) _{cs} = qc1 x Cthin + Δqc1N			

1. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%	CRR7,5=0,833*[(qc1N) _{cs} /1000]+0,05 se (qc1N) _{cs} <50 kg/cmq
2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%	CRR7,5=93*[(qc1N) _{cs} /1000]^3+0,08 se (qc1N) _{cs} >50 kg/cmq e < 160 kg/cmq
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC <= 5%	rd = $\exp\{-1,012-1,126\text{sen}(Z/11,73+5,133)\} + (0,106+0,118\text{sen}(Z/11,28+5,142))M$ Idriss e Boulanger - 2004

Introduzione dei dati e calcolo di FI

Magnitudo (M):	5.88	a _{max} :	0.283	Zw =	1.80	m	MSF = $10^{2.21/M-2.50} =$	1.93	Idriss e Boulanger, 2004
----------------	------	--------------------	-------	------	------	---	----------------------------	------	--------------------------

Profondità	Spess.	tipo	γ	γ'	σv	σv'	rd	qc	Cn	qc1	FC	Cthin	qc1N	Δqc1N	(qc1N) _{cs}	CSR	CRR7,5	FI	Liq.le?	
da m	a m	m	C/l	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq	kg/cmq		kg/cmq	%		kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				(S/N)	
0.00	1.80	1.80	C	1.85	1.85	1.67	1.67	0.97	na	1.70	na	na	na	na	na	0.179	---	---	---	
1.80	2.40	0.60	I	1.85	0.85	3.89	3.59	0.94	50	1.67	84	30	1.36	114	58	172	0.187	0.461	4.77	NO
2.40	2.80	0.40	I	1.85	0.85	4.81	4.01	0.92	50	1.58	79	35	1.00	79	57	136	0.203	0.313	2.97	NO
2.80	3.80	1.00	I	1.85	0.85	6.11	4.61	0.90	98	1.47	144	30	1.10	159	68	227	0.220	0.461	4.06	NO
3.80	4.60	0.80	I	1.85	0.85	7.77	5.37	0.87	50	1.36	68	35	1.00	68	54	123	0.233	0.251	2.09	NO
4.60	5.40	0.80	I	1.85	0.85	9.25	6.05	0.85	40	1.29	51	35	1.00	51	51	102	0.239	0.179	1.45	NO
5.40	6.40	1.00	I	1.85	0.85	10.92	6.82	0.82	55	1.21	67	35	1.00	67	54	121	0.242	0.243	1.94	NO
6.40	7.00	0.60	I	1.85	0.85	12.40	7.50	0.80	70	1.16	81	35	1.00	81	57	138	0.243	0.325	2.58	NO
7.00	7.80	0.80	I	1.85	0.85	13.69	8.09	0.78	88	1.11	98	35	1.00	98	61	159	0.242	0.453	3.62	NO
7.80	9.00	1.20	I	1.85	0.85	15.54	8.94	0.75	60	1.06	63	35	1.00	63	53	117	0.239	0.228	1.84	NO
9.00	10.60	1.60	I	1.85	0.85	18.13	10.13	0.71	70	0.99	70	35	1.00	70	55	124	0.232	0.268	2.15	NO
10.60	11.80	1.20	I	1.85	0.85	20.72	11.32	0.66	55	0.94	52	35	1.00	52	51	102	0.224	0.180	1.55	NO
11.80	12.80	1.00	I	1.85	0.85	22.76	12.26	0.63	78	0.90	70	35	1.10	78	56	134	0.216	0.304	2.73	NO
12.80	13.20	0.40	C	1.85	0.85	24.05	12.85	0.61	na	0.88	na	na	na	na	na	na	0.210	---	---	---
13.20	15.00	1.80	I	1.85	0.85	26.09	13.79	0.58	95	0.85	81	40	1.06	86	63	149	0.201	0.385	3.70	NO
15.00	17.40	2.40	C	1.85	0.85	29.97	15.57	0.54	na	0.80	na	na	na	na	na	na	0.192	---	---	---
17.40	17.80	0.40	I	1.85	0.85	32.56	16.76	0.53	39	0.77	30	40	1.55	47	53	100	0.191	0.173	1.75	NO
17.80	18.00	0.20	C	1.85	0.85	33.12	17.02	0.53	na	0.77	na	na	na	na	na	na	0.191	---	---	---
18.00	18.80	0.80	I	1.85	0.85	34.04	17.44	0.53	108	0.76	82	40	1.21	99	66	165	0.190	0.461	4.69	NO
18.80	19.20	0.40	I	1.85	0.85	35.15	17.95	0.53	100	0.75	75	40	1.55	116	70	186	0.189	0.461	4.71	NO
19.20	19.60	0.40	I	1.85	0.85	35.89	18.29	0.52	54	0.74	40	40	1.55	62	57	119	0.189	0.236	2.42	NO
19.60	20.40	0.80	I	1.85	0.85	37.00	18.80	0.52	57	0.73	42	40	1.00	42	52	94	0.188	0.156	1.60	NO



Curve Recommended for Calculation of CRR from CPT Data along with Empirical Liquefaction Data (After Robertson and Wride)

Ipl	Rischio di liquefazione
Ipl = 0	Non liquefacibile
0<Ipl<2	Basso
2<Ipl<5	Moderato
5<Ipl<15	Alto
Ipl > 15	Molto alto

$IPI = \sum F(z) \times w(z) \times \Delta z$
 $w(z) = 10 - 0,5z$ (z in metri)
z = profondità dello strato

Iwasaki et al. (1982)	
Se FI > 1	F(z) = 0
Se FI < 1	F(z) = 1 - FI
Potenziale di liquefazione: Ipl =	0.00

Potenziale di liquefazione (IL)	
secondo Sonmez (2003)	
se FI > 1.2	F(z) = 0
se FI < 0.95	F(z) = 1 - FI
se 0.95 < FI < 1.2	F(z) = $2 \times 10^{-6} \times e^{-18.427 \times FI}$
Potenziale di liquefazione: IL =	0.00

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128

Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)

Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.

Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Prove di riferimento: CPT.3/13 ΔH = εv x H in cm con H in metri e εv in %

H = spessore dello strato FI = coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione

εv = deformazione volumetrica σ'vo = pressione litostatica efficace

(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)

Cthin = correzione per strato sottile = 0,5(H-1,45)^2 con H<1,45

Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = (1/σ'vo)^0,5

Δqc = correzione per frazione fine:

Se FC<=5% Δqc=0; se FC>=35%: Δqc=60; altrimenti Δqc=2(FC-5) kg/cmq

εv deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI

Strato		H	tipo	σ'	qc	Cn	FC	Cthin	Δqc1N	(qc1N)cs	FL	εv	ΔH
da m	a m	m	C/I	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.80	1.80	C	0.17	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.80	2.40	0.60	I	0.36	50	1.67	30	1.36	58	172	4.77	0.000	0.00
2.40	2.80	0.40	I	0.40	50	1.58	35	1.00	57	136	2.97	0.000	0.00
2.80	3.80	1.00	I	0.46	98	1.47	30	1.10	68	227	4.06	0.000	0.00
3.80	4.60	0.80	I	0.54	50	1.36	35	1.00	54	123	2.09	0.000	0.00
4.60	5.40	0.80	I	0.61	40	1.29	35	1.00	51	102	1.45	0.200	0.16
5.40	6.40	1.00	I	0.68	55	1.21	35	1.00	54	121	1.94	0.000	0.00
6.40	7.00	0.60	I	0.75	70	1.16	35	1.00	57	138	2.58	0.000	0.00
7.00	7.80	0.80	I	0.81	88	1.11	35	1.00	61	159	3.62	0.000	0.00
7.80	9.00	1.20	I	0.89	60	1.06	35	1.00	53	117	1.84	0.050	0.06
9.00	10.60	1.60	I	1.01	70	0.99	35	1.00	55	124	2.15	0.000	0.00
10.60	11.80	1.20	I	1.13	55	0.94	35	1.00	51	102	1.55	0.120	0.14
11.80	12.80	1.00	I	1.23	78	0.90	35	1.10	56	134	2.73	0.000	0.00
12.80	13.20	0.40	C	1.29	na	0.88	na	na	na	na	--	---	---
13.20	15.00	1.80	I	1.38	95	0.85	40	1.06	63	149	3.70	0.000	0.00
15.00	17.40	2.40	C	1.56	na	0.80	na	na	na	na	--	---	---
17.40	17.80	0.40	I	1.68	39	0.77	40	1.55	53	100	1.75	0.080	0.03
17.80	18.00	0.20	C	1.70	na	0.77	na	na	na	na	--	---	---
18.00	18.80	0.80	I	1.74	108	0.76	40	1.21	66	165	4.69	0.000	0.00
18.80	19.20	0.40	I	1.80	100	0.75	40	1.55	70	186	4.71	0.000	0.00
19.20	19.60	0.40	I	1.83	54	0.74	40	1.55	57	119	2.42	0.000	0.00
19.60	20.40	0.80	I	1.88	57	0.73	40	1.00	52	94	1.60	0.100	0.08

assestamento totale: cm 0.48

Effects of Liquefaction

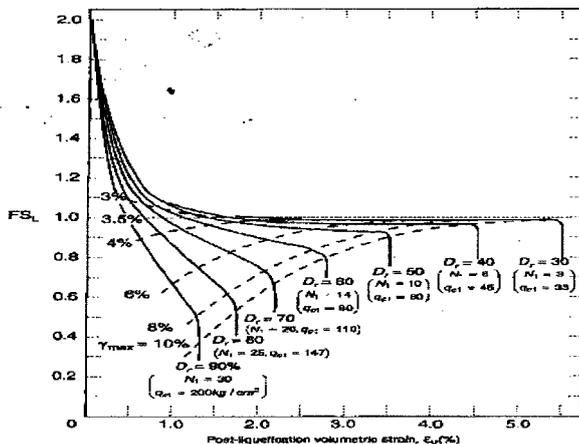


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as a function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of ISSMFE.)

TAVOLA XI-8

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28

Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT

Riferimenti: Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007). Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004. Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia Prove di riferimento: CPT.4/13	C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente Correzioni C _{thin} = correzione per strato sottile $C_{thin} = 0,5(H-1,45) \quad H < 1,45 \text{ m} \quad \max = 1,8$ Δqc1N = correzione per la frazione fine (FC) $\Delta qc1N = (11,9 + qc1N/14,6) \times [1,63 - 9,7/(FC+2) - (15,7/(FC+2))^2]$ Idriss e Boulanger, 2004
--	--

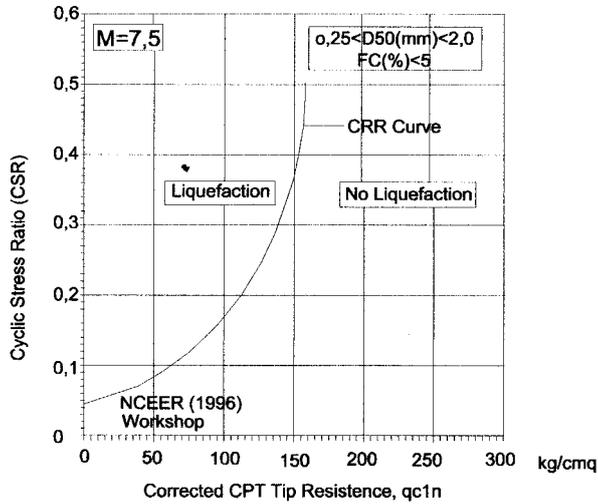
Formule			
FI = (CRR7.5/CSR)xMSF se FI < 1 liquefazione possibile	sv = pressione litostatica totale	Fattore di correzione MSF	
CRR = τ _{ult} /σ' _{vo} = resistenza normalizzata	s'v = pressione litostatica efficace	Idriss e Boulanger, 2004	
CSR = τ _{media} /σ' _{vo} = 0,65 × (a _{max} /g) × (σ _v /σ' _v) × r _d (tensione indotta dal sisma)	a _{max} = accelerazione max. al suolo	Magnitudo	MSF
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto	g = accelerazione di gravità	5,5	2,29
r _d = fattore riduttivo dell'azione sismica	Z = profondità dello strato	6	1,84
qc1 = qc × C _n resistenza alla punta normalizzata	C _n = (Pa/σ' _v) ^{0,5}	6,5	1,51
Pa = pressione atmosferica (qc1N) _{cs} = qc1 × C _{thin} + Δqc1N	Zw = profondità della falda	7	1,25

1. Sandy Silt : D ₅₀ < 0,10 mm - FC >= 35%	CRR7,5 = 0,833 * [(qc1N) _{cs} /1000] + 0,05 se (qc1N) _{cs} < 50 kg/cmq	
2. Silty Sand : 0,10 mm <= D ₅₀ < 0,25 mm - 5 < FC < 35%	CRR7,5 = 93 * [(qc1N) _{cs} /1000] ³ + 0,08 se (qc1N) _{cs} > 50 kg/cmq e < 160 kg/cmq	
3. Clean Sand : 0,25 mm < D ₅₀ < 2,0 mm - FC <= 5%	r _d = exp(-1,012 - 1,126 sen(Z/11,73 + 5,133)) + (0,106 + 0,118 sen(Z/11,26 + 5,142)) ^M	Idriss e Boulanger - 2004

Introduzione dei dati e calcolo di FI

Magnitudo (M):	5.88	amax:	0.283	Zw =	1.80	m	MSF = 10 ^{2.21/M - 2.50} =	1.93	Idriss e Boulanger, 2004
----------------	------	-------	-------	------	------	---	-------------------------------------	------	--------------------------

Profondità da m	Spess. a m	tipo	γ	γ'	σ _v	σ' _v	r _d	qc	C _n	qc1	FC	C _{thin}	qc1N	Δqc1N	(qc1N) _{cs}	CSR	CRR7,5	FI	Liq.le?	
da m	a m	C/I	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq		kg/cmq		kg/cmq	%		kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				(S/N)	
0.00	1.80	1.80	C	1.85	1.85	1.67	1.67	0.97	na	1.70	na	na	na	na	na	0.179	---	---	---	
1.80	2.40	0.60	I	1.85	0.85	3.89	3.59	0.94	44	1.67	73	35	1.36	100	62	162	0.187	0.461	4.77	NO
2.40	4.40	2.00	I	1.85	0.85	6.29	4.69	0.90	80	1.46	117	30	1.15	134	63	197	0.222	0.461	4.03	NO
4.40	5.00	0.60	I	1.85	0.85	8.70	5.80	0.86	38	1.31	50	35	1.00	50	50	100	0.237	0.173	1.42	NO
5.00	6.20	1.20	I	1.85	0.85	10.36	6.56	0.83	48	1.23	59	35	1.03	61	53	114	0.242	0.217	1.74	NO
6.20	6.80	0.60	I	1.85	0.85	12.03	7.33	0.81	45	1.17	53	35	1.36	72	55	127	0.243	0.269	2.14	NO
6.80	7.00	0.20	I	1.85	0.85	12.77	7.67	0.79	30	1.14	34	35	1.00	34	47	81	0.243	0.129	1.03	NO
7.00	8.80	1.80	I	1.85	0.85	14.62	8.52	0.76	55	1.08	60	35	1.00	60	52	112	0.241	0.211	1.69	NO
8.80	9.20	0.40	C	1.85	0.85	16.65	9.45	0.73	na	1.03	na	na	na	na	na	na	0.237	---	---	---
9.20	9.80	0.60	I	1.85	0.85	17.58	9.88	0.72	58	1.01	58	35	1.00	58	52	111	0.234	0.206	1.70	NO
9.80	11.00	1.20	I	1.85	0.85	19.24	10.64	0.69	70	0.97	68	35	1.00	68	54	122	0.229	0.249	2.11	NO
11.00	12.60	1.60	I	1.85	0.85	21.83	11.83	0.65	75	0.92	69	40	1.00	69	59	128	0.219	0.273	2.41	NO
12.60	14.00	1.40	I	1.85	0.85	24.61	13.11	0.60	70	0.87	61	40	1.00	61	57	118	0.208	0.232	2.16	NO
14.00	14.40	0.40	I	1.85	0.85	26.27	13.87	0.57	70	0.85	59	40	1.55	92	64	156	0.200	0.436	4.21	NO
14.40	18.60	4.20	C	1.85	0.85	30.53	15.83	0.54	na	0.79	na	na	na	na	na	na	0.192	---	---	---
18.60	19.00	0.40	I	1.85	0.85	34.78	17.78	0.53	57	0.75	43	40	1.55	66	58	124	0.190	0.258	2.63	NO
19.00	19.40	0.40	I	1.85	0.85	35.52	18.12	0.52	58	0.74	43	40	1.55	67	58	125	0.189	0.261	2.67	NO
19.40	20.00	0.60	C	1.85	0.85	36.45	18.55	0.52	na	0.73	na	na	na	na	na	na	0.189	---	---	---



Ipl	Rischio di liquefazione
Ipl = 0	Non liquefacibile
0 < Ipl < 2	Basso
2 < Ipl < 5	Moderato
5 < Ipl < 15	Alto
Ipl > 15	Molto alto
$IPI = \sum F(z) \times w(z) \times \Delta z$ $w(z) = 10 - 0,5z$ (z in metri) z = profondità dello strato	
Iwagaki et al. (1982)	
Se FI > 1 F(z) = 0	
Se FI < 1 F(z) = 1 - FI	
Potenziale di liquefazione: Ipl =	0.00
Potenziale di liquefazione (IL) secondo Sonmez (2003)	
se FI > 1.2 F(z) = 0	
se FI < 0.95 F(z) = 1 - FI	
se 0.95 < FI < 1.2 F(z) = 2 × 10 ⁶ × e ^{-(18.427 × FI)}	
Potenziale di liquefazione: IL =	0.01

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128													
Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)													
Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.													
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia													
Prove di riferimento: CPT.4/13						$\Delta H = \epsilon_v \times H$ in cm con H in metri e ϵ_v in %							
H = spessore dello strato			FI = coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione										
ϵ_v = deformazione volumetrica			σ'_{vo} = pressione litostatica efficace										
(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)													
Cthin = correzione per strato sottile = $0,5(H-1,45)^2$ con $H < 1,45$													
Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = $(1/\sigma'_{vo})^{0,5}$													
Δqc = correzione per frazione fine:													
Se $FC \leq 5\%$ $\Delta qc = 0$; se $FC > 35\%$ $\Delta qc = 60$; altrimenti $\Delta qc = 2(FC-5)$ kg/cmq													
ev deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI													
Strato		H	tipo	σ'	qc	Cn	FC	Cthin	$\Delta qc1N$	(qc1N)cs	FL	ϵ_v	ΔH
da m	a m	m	C/l	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.80	1.80	C	0.17	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.80	2.40	0.60	I	0.36	44	1.67	35	1.36	62	162	4.77	0.000	0.00
2.40	4.40	2.00	I	0.47	80	1.46	30	1.15	63	197	4.03	0.000	0.00
4.40	5.00	0.60	I	0.58	38	1.31	35	1.00	50	100	1.42	0.100	0.06
5.00	6.20	1.20	I	0.66	48	1.23	35	1.03	53	114	1.74	0.050	0.06
6.20	6.80	0.60	I	0.73	45	1.17	35	1.36	55	127	2.14	0.000	0.00
6.80	7.00	0.20	I	0.77	30	1.14	35	1.00	47	81	1.03	1.000	0.20
7.00	8.80	1.80	I	0.85	55	1.08	35	1.00	52	112	1.69	0.080	0.14
8.80	9.20	0.40	C	0.95	na	1.03	na	na	na	na	--	---	---
9.20	9.80	0.60	I	0.99	58	1.01	35	1.00	52	111	1.70	0.080	0.05
9.80	11.00	1.20	I	1.06	70	0.97	35	1.00	54	122	2.11	0.000	0.00
11.00	12.60	1.60	I	1.18	75	0.92	40	1.00	59	128	2.41	0.050	0.08
12.60	14.00	1.40	I	1.31	70	0.87	40	1.00	57	118	2.16	0.000	0.00
14.00	14.40	0.40	I	1.39	70	0.85	40	1.55	64	156	4.21	0.000	0.00
14.40	18.60	4.20	C	1.58	na	0.79	na	na	na	na	--	---	---
18.60	19.00	0.40	I	1.78	57	0.75	40	1.55	58	124	2.63	0.000	0.00
19.00	19.40	0.40	I	1.81	58	0.74	40	1.55	58	125	2.67	0.000	0.00
19.40	20.00	0.60	C	1.85	na	0.73	na	na	na	na	--	---	---

assestamento totale: cm 0.59

Effects of Liquefaction

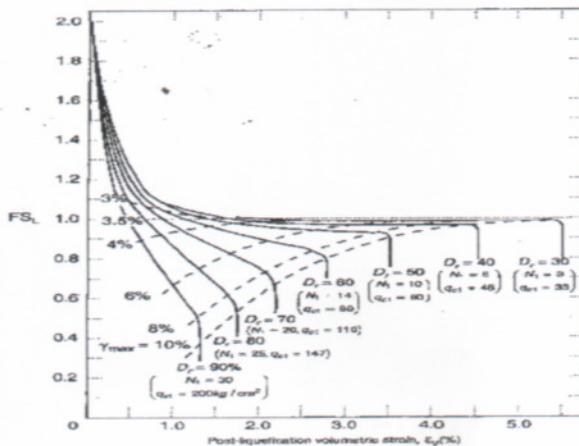
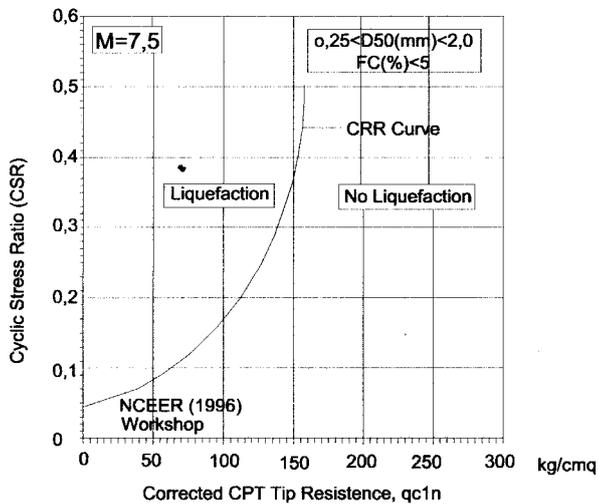


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of JSSMFE.)

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Don Giuseppe Dossetti n.28																										
Valutazione del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base delle prove CPT																										
Riferimenti:															C = terreno coesivo o fuori falda I = terreno incoerente											
Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).															Correzioni											
Robertson, P.K. and Wride, C.E., (1997), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on the SPT and CPT", NCEER-97-0022, Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction of Soils															C _{thin} =0,5(H-1,45) H<1,45 m max=1,8											
Idriss I.M. & Boulanger R.W., "SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTHQUAKES", Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, 2004.															Δqc1N = correzione per la frazione fine (FC) Δqc1N=(11.9+qc1n/14.6)x[1.63-9.7/(FC+2)-(15.7/(FC+2))^2] Idriss e Boulanger, 2004											
Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia																										
Prove di riferimento:CPT.5/13																										
Formule																										
FI = (CRR7.5/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile															sv = pressione litostatica totale			Fattore di correzione MSF								
CRR = tau/v' = resistenza normalizzata															s'v = pressione litostatica efficace			Idriss e Boulanger, 2004								
CSR = tau _{media} /sigma'vo = 0,65x(amax/g)x(sigma'v'/sigma'v) x rd (tensione indotta dal sisma)															amax = accelerazione max. al suolo			Magnitudo		MSF						
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto															g = accelerazione di gravità			5.5		2.29						
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica															Z = profondità dello strato			6		1.84						
qc1 = qc * Cn [resistenza alla punta normalizzata]															Cn = (Pa/sigma'v)^0,5			6.5		1.51						
Pa = pressione atmosferica (qc1N) _{cs} =qc1xC _{thin} +Δqc1N															Zw = profondità della falda			7		1.25						
1. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%															CRR7.5=0,833*[(qc1N) _{cs} /1000]+0,05 se (qc1N) _{cs} <50 kg/cmq (Robertson e Wride)											
2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%															CRR7.5=93*[(qc1N) _{cs} /1000]^3+0,08 se (qc1N) _{cs} >50 kg/cmq e < 160 kg/cmq											
3. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm - FC <= 5%															rd = exp[(-1,012-1,126sen(Z/11,73+5,133))+(0,106+0,118sen(Z/11,28+5,142))M] Idriss e Boulanger - 2004											
Introduzione dei dati e calcolo di FI																										
Magnitudo (M):		5.88		amax:		0.283		Zw =		1.50		m		MSF= 10^2.21/M^2.50 =		1.93		Idriss e Boulanger, 2004								
Profondità	Spess.	tipo	γ	γ'	σv	σv'	rd	qc	Cn	qc1	FC	C _{thin}	qc1N	Δqc1N	(qc1N) _{cs}	CSR	CRR7.5	FI	Liq.le?							
da m	a m	m	C/l	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq	kg/cmq		kg/cmq	%		kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				(S/N)							
0.00	1.50	1.50	C	1.85	1.85	1.39	1.39	0.98	na	1.70	na	na	na	na	na	0.180	--	--	--							
1.50	2.40	0.90	I	1.85	0.85	3.61	3.16	0.94	68	1.70	116	35	1.00	116	65	181	0.198	0.461	4.51	NO						
2.40	3.20	0.80	I	1.85	0.85	5.18	3.88	0.92	69	1.61	111	35	1.00	111	64	175	0.225	0.461	3.96	NO						
3.20	4.80	1.60	I	1.85	0.85	7.40	4.90	0.88	60	1.43	86	35	1.00	86	58	144	0.244	0.358	2.83	NO						
4.80	5.40	0.60	I	1.85	0.85	9.44	5.84	0.85	42	1.31	55	35	1.00	55	51	106	0.252	0.192	1.47	NO						
5.40	7.00	1.60	I	1.85	0.85	11.47	6.77	0.81	60	1.22	73	35	1.01	74	56	129	0.254	0.281	2.14	NO						
7.00	7.40	0.40	C	1.85	0.85	13.32	7.62	0.78	na	1.15	na	na	na	na	na	na	0.252	--	--	--						
7.40	8.40	1.00	I	1.85	0.85	14.62	8.22	0.76	65	1.10	72	35	1.10	79	57	136	0.250	0.313	2.42	NO						
8.40	10.80	2.40	I	1.85	0.85	17.76	9.66	0.71	65	1.02	66	35	1.45	96	61	157	0.241	0.437	3.51	NO						
10.80	12.40	1.60	I	1.85	0.85	21.46	11.36	0.65	62	0.94	58	40	1.01	59	56	115	0.227	0.221	1.89	NO						
12.40	13.40	1.00	C	1.85	0.85	23.87	12.47	0.61	na	0.90	na	na	na	na	na	na	0.216	--	--	--						
13.40	14.00	0.60	I	1.85	0.85	25.35	13.15	0.59	67	0.87	58	40	1.36	80	61	141	0.209	0.339	3.14	NO						
14.00	15.60	1.60	C	1.85	0.85	27.38	14.08	0.56	na	0.84	na	na	na	na	na	na	0.199	--	--	--						
15.60	16.00	0.40	I	1.85	0.85	29.23	14.93	0.55	29	0.82	24	35	1.55	37	47	84	0.196	0.135	1.33	NO						
16.00	17.00	1.00	C	1.85	0.85	30.53	15.53	0.54	na	0.80	na	na	na	na	na	na	0.196	--	--	--						
17.00	17.40	0.40	I	1.85	0.85	31.82	16.12	0.54	36	0.79	28	40	1.55	44	53	97	0.195	0.164	1.62	NO						
17.40	17.80	0.40	I	1.85	0.85	32.56	16.46	0.53	34	0.78	27	40	1.55	41	52	93	0.194	0.155	1.54	NO						
17.80	18.20	0.40	I	1.85	0.85	33.30	16.80	0.53	30	0.77	23	40	1.00	23	48	71	0.194	0.113	1.12	NO						
18.20	18.40	0.20	C	1.85	0.85	33.86	17.06	0.53	na	0.77	na	na	na	na	na	na	0.194	--	--	--						
18.40	19.20	0.80	I	1.85	0.85	34.78	17.48	0.53	78	0.76	59	40	1.21	71	59	131	0.193	0.287	2.88	NO						
19.20	20.00	0.80	C	1.85	0.85	36.26	18.16	0.52	na	0.74	na	na	na	na	na	na	0.192	--	--	--						



Curve Recommended for Calculation of CRR from CPT Data along with Empirical Liquefaction Data (After Robertson and Wride)

Ipl	Rischio di liquefazione
Ipl = 0	Non liquefacibile
0<Ipl<2	Basso
2<Ipl<5	Moderato
5<Ipl<15	Alto
Ipl > 15	Molto alto

IPI = ΣF(z) x w(z) x Δz	
w(z) = 10-0.5xz (z in metri)	
z = profondità dello strato	

Iwagaki et al. (1982)	
Se FI > 1 F(z) = 0	
Se FI < 1 F(z) = 1 - FI	
Potenziale di liquefazione: Ipl =	0.00

Potenziale di liquefazione (IL)	
secondo Sommez (2003)	
se FI > 1.2 F(z) = 0	
se FI < 0.95 F(z) = 1 - FI	
se 0.95 < FI < 1.2 F(z) = 2x10^6xe^(-18.427xFI)	
Potenziale di liquefazione: IL =	0.00

TAVOLA XI-9 bis

Dr. Angelo angeli - geologo - Cesena, via padre genocchi n.222 - tel.0547 27682 - Fax. 0547 21128

Cedimenti postsismici degli strati sabbiosi, sia senza liquefazione (FI>1) che con liquefazione (FI<1)

Deformazione volumetrica valutata sulla base del grafico di Ishihara e Yoshimine, 1992, JSSMFE.

Lavoro: Area Logistica POC1 - Vitalaccia

Prove di riferimento: CPT.5/13 $\Delta H = e_v \times H$ in cm con H in metri e e_v in %

H = spessore dello strato FI = coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione

e_v = deformazione volumetrica σ'_{vo} = pressione litostatica efficace

(qc1)cs = resistenza alla punta normalizzata e corretta per strato sottile e per frazione fine (CF)

Cthin = correzione per strato sottile = $0,5(H-1,45)^2$ con $H < 1,45$

Cn = coefficiente per la normalizzazione di qc ad una pressione di 1 kg/cmq = $(1/\sigma'_{vo})^{0,5}$

Δqc = correzione per frazione fine:

Se $FC \leq 5\%$ $\Delta qc = 0$; se $FC > 35\%$ $\Delta qc = 60$; altrimenti $\Delta qc = 2(FC-5)$ kg/cmq

e_v deve essere letto sul grafico in funzione di (qc1)cs e di FI

Strato		H	tipo	σ'_v	qc	Cn	FC	Cthin	$\Delta qc1N$	(qc1N)cs	FL	e_v	ΔH
da m	a m	m	C/I	kg/cmq	kg/cmq		%		kg/cmq	kg/cmq		%	cm
0.00	1.50	1.50	C	0.14	na	1.70	na	na	na	na	--	---	---
1.50	2.40	0.90	I	0.32	68	1.70	35	1.00	65	181	4.51	0.000	0.00
2.40	3.20	0.80	I	0.39	69	1.61	35	1.00	64	175	3.96	0.000	0.00
3.20	4.80	1.60	I	0.49	60	1.43	35	1.00	58	144	2.83	0.100	0.16
4.80	5.40	0.60	I	0.58	42	1.31	35	1.00	51	106	1.47	0.150	0.09
5.40	7.00	1.60	I	0.68	60	1.22	35	1.01	56	129	2.14	0.000	0.00
7.00	7.40	0.40	C	0.76	na	1.15	na	na	na	na	--	---	---
7.40	8.40	1.00	I	0.82	65	1.10	35	1.10	57	136	2.42	0.000	0.00
8.40	10.80	2.40	I	0.97	65	1.02	35	1.45	61	157	3.51	0.000	0.00
10.80	12.40	1.60	I	1.14	62	0.94	40	1.01	56	115	1.89	0.020	0.03
12.40	13.40	1.00	C	1.25	na	0.90	na	na	na	na	--	---	---
13.40	14.00	0.60	I	1.31	67	0.87	40	1.36	61	141	3.14	0.000	0.00
14.00	15.60	1.60	C	1.41	na	0.84	na	na	na	na	--	---	---
15.60	16.00	0.40	I	1.49	29	0.82	35	1.55	47	84	1.33	0.200	0.08
16.00	17.00	1.00	C	1.55	na	0.80	na	na	na	na	--	---	---
17.00	17.40	0.40	I	1.61	36	0.79	40	1.55	53	97	1.62	0.100	0.04
17.40	17.80	0.40	I	1.65	34	0.78	40	1.55	52	93	1.54	0.100	0.04
17.80	18.20	0.40	I	1.68	30	0.77	40	1.00	48	71	1.12	0.500	0.20
18.20	18.40	0.20	C	1.71	na	0.77	na	na	na	na	--	---	---
18.40	19.20	0.80	I	1.75	78	0.76	40	1.21	59	131	2.88	0.000	0.00
19.20	20.00	0.80	C	1.82	na	0.74	na	na	na	na	--	---	---

assestamento totale: cm 0.64

Effects of Liquefaction

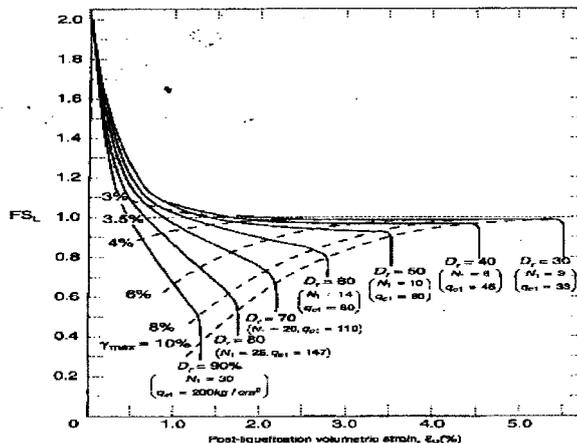
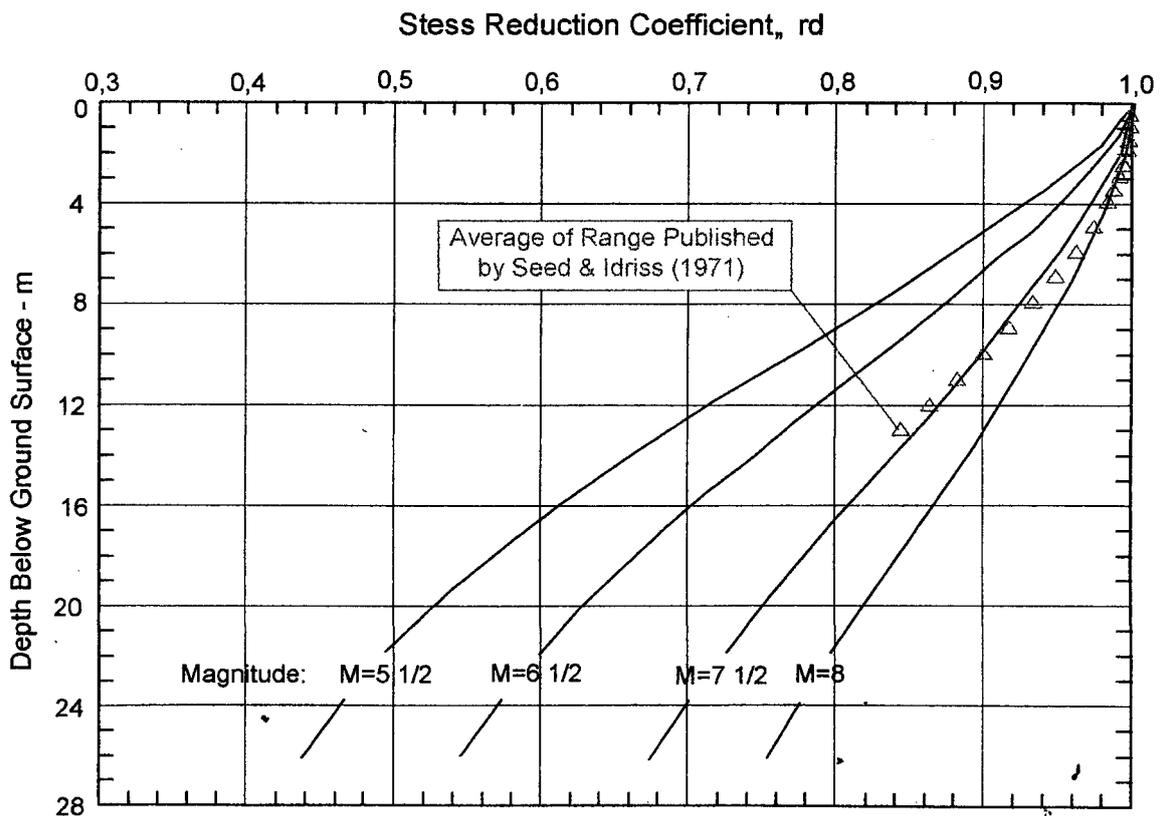


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as a function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992, used by permission of JSSMFE.)

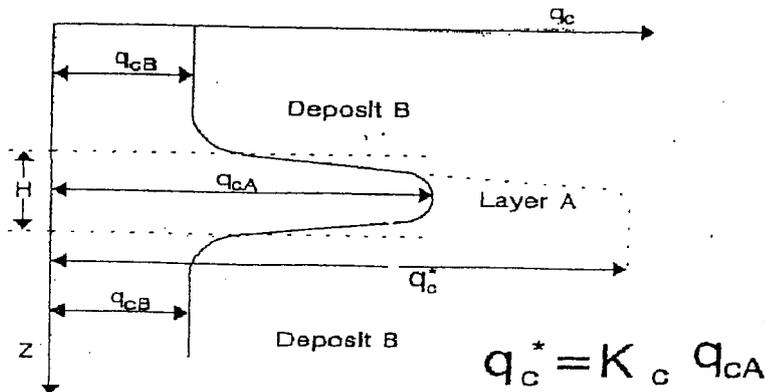
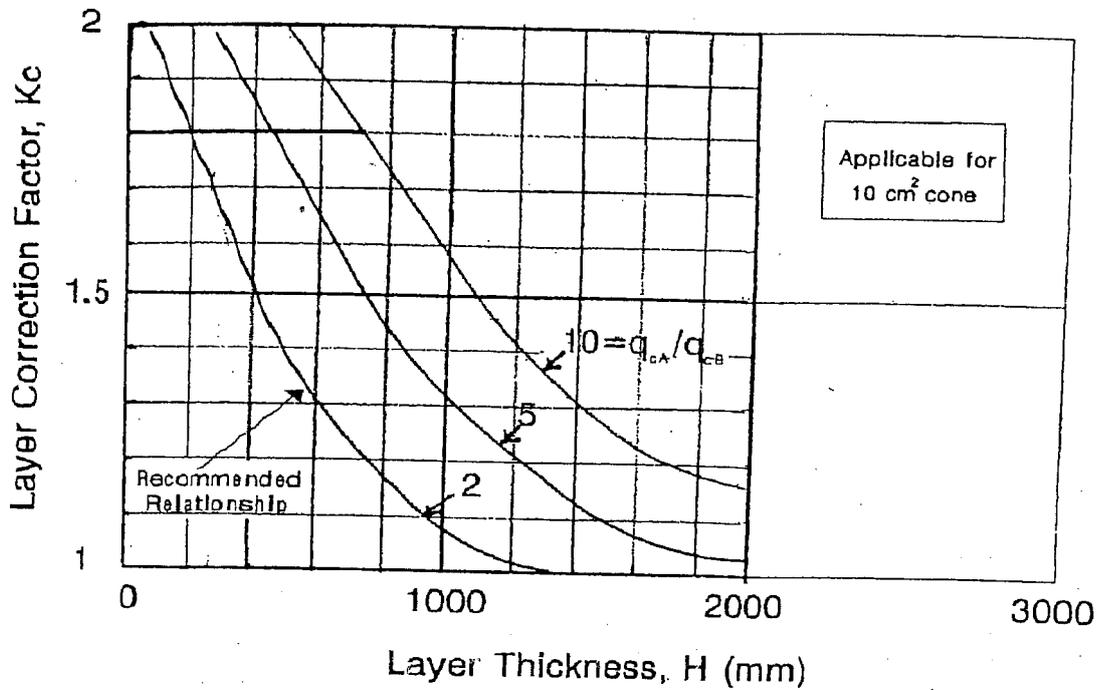
Fattore riduttivo r_d in funzione di profondità e Magnitudo

da: Idriss I.M. and Boulanger R.W., SEMI-EMPIRICAL PROCEDURES FOR EVALUATING LIQUEFACTION POTENTIAL DURING EARTQUAKES, Proceedings of the 11th ICSDEE & 3th ICEGE, pp. 32-56, 2004.



Variation of stress reduction coefficient with depth and earthquake magnitude (from Idriss 1999).

$$r_d = \exp[(-1,012 - 1,126 \operatorname{sen}((Z/11,73) + 5,133)) + (0,106 + 0,118 \operatorname{sen}((Z/11,28) + 5,142))M]$$



DA ROBERTSON & WRIE (1997)

Correction (K_c) to CPT Penetration Resistance in Thin Sand Layers

$$K_{c, \text{THIN}} = K_c = 0.5(H - 1.45)^2 + 1 \quad H < 1.45 \text{ m} \quad (*)$$

(*) CORRISPONDE CON I VALORI CONSIGLIATI DA NCEE R WORKING GROUP RECOMMENDATION (1997)

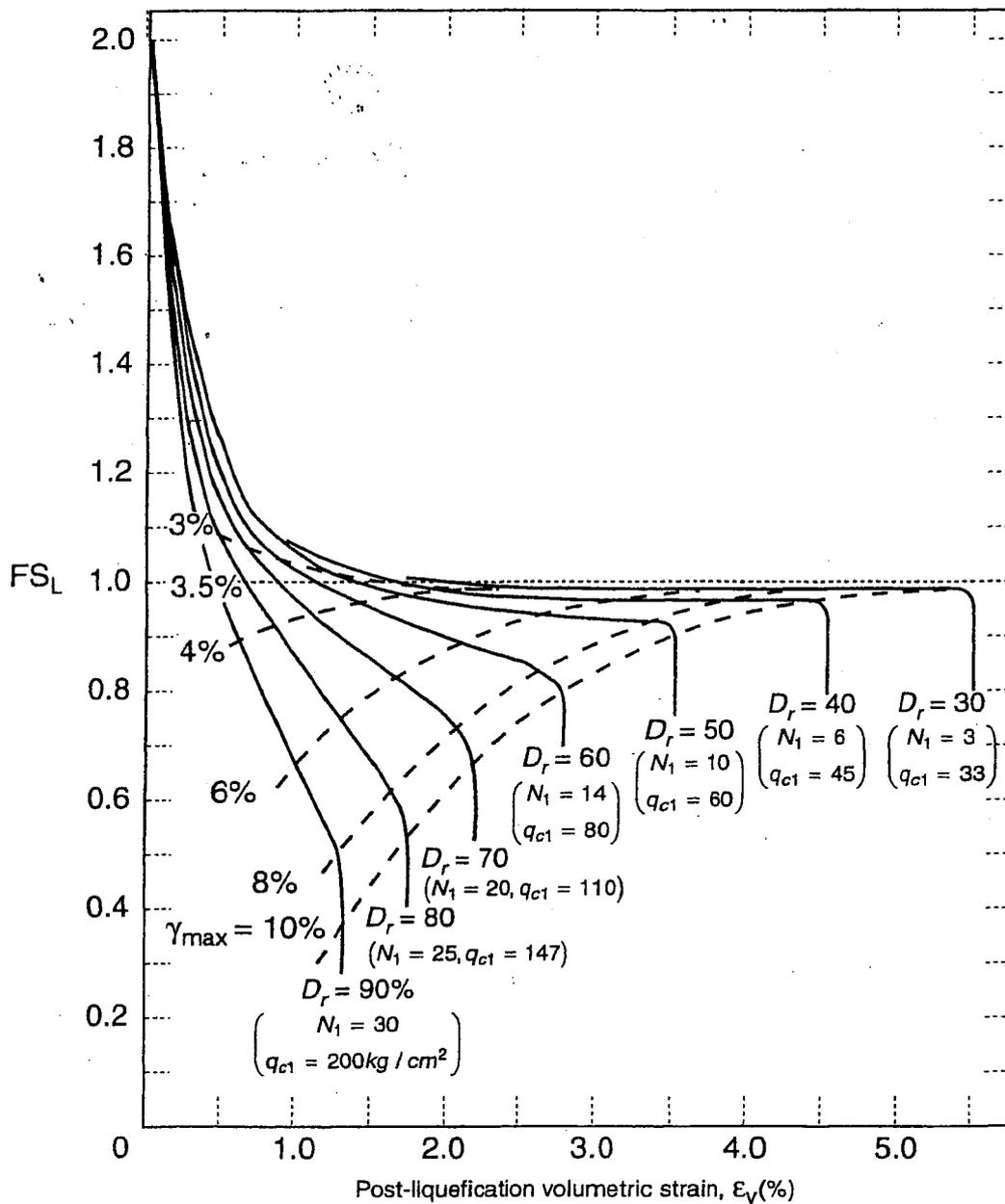


Figure 9.54 Chart for estimating postliquefaction volumetric strain of clean sand as function of factor of safety against liquefaction or maximum shear strain. (After Ishihara and Yoshimine, 1992; used by permission of JSSMFE.)

Carta per la stima delle deformazioni volumetriche indotte dall'azione sismica nei terreni granulari saturi in base ai risultati di prove CPT (Zhang et al., 2002)

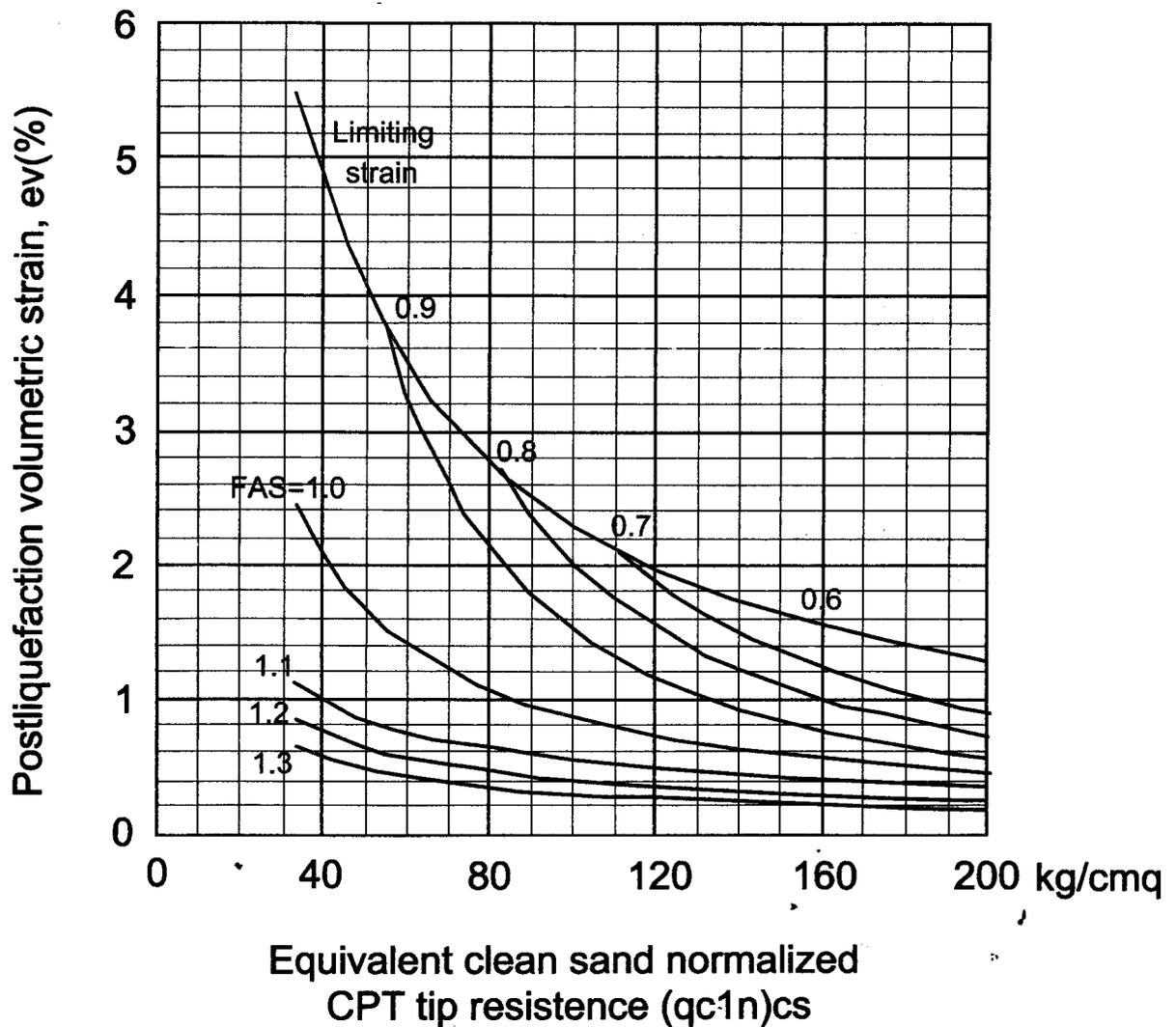


TAVOLA XIII

A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA

Per questi ambienti sono state individuate le seguenti tipologie:

PIANURA 1: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido, a profondità ≤ 100 m da p.c.;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5
F.A. SI2	3.0	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1
F.A. SI3	3.4	3.2	2.8	2.5	2.2	2.0

Pianura 1. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3.**

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Pianura 2. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3.**

→ **PIANURA 3:** settore di pianura caratterizzato da elevati spessori di sedimenti prevalentemente fini e poco consolidati, alternanze di limi, argille e sabbie di ambiente alluvionale e transizionale, con substrato rigido a profondità non inferiori a 300 m da p.c.;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.3	1.3	1.3			
F.A. SI1	1.5	1.5	1.5			
F.A. SI2	2.3	2.3	2.2			
F.A. SI3	2.6	2.6	2.4			

Pianura 3. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3.**

TAVOLA XIV

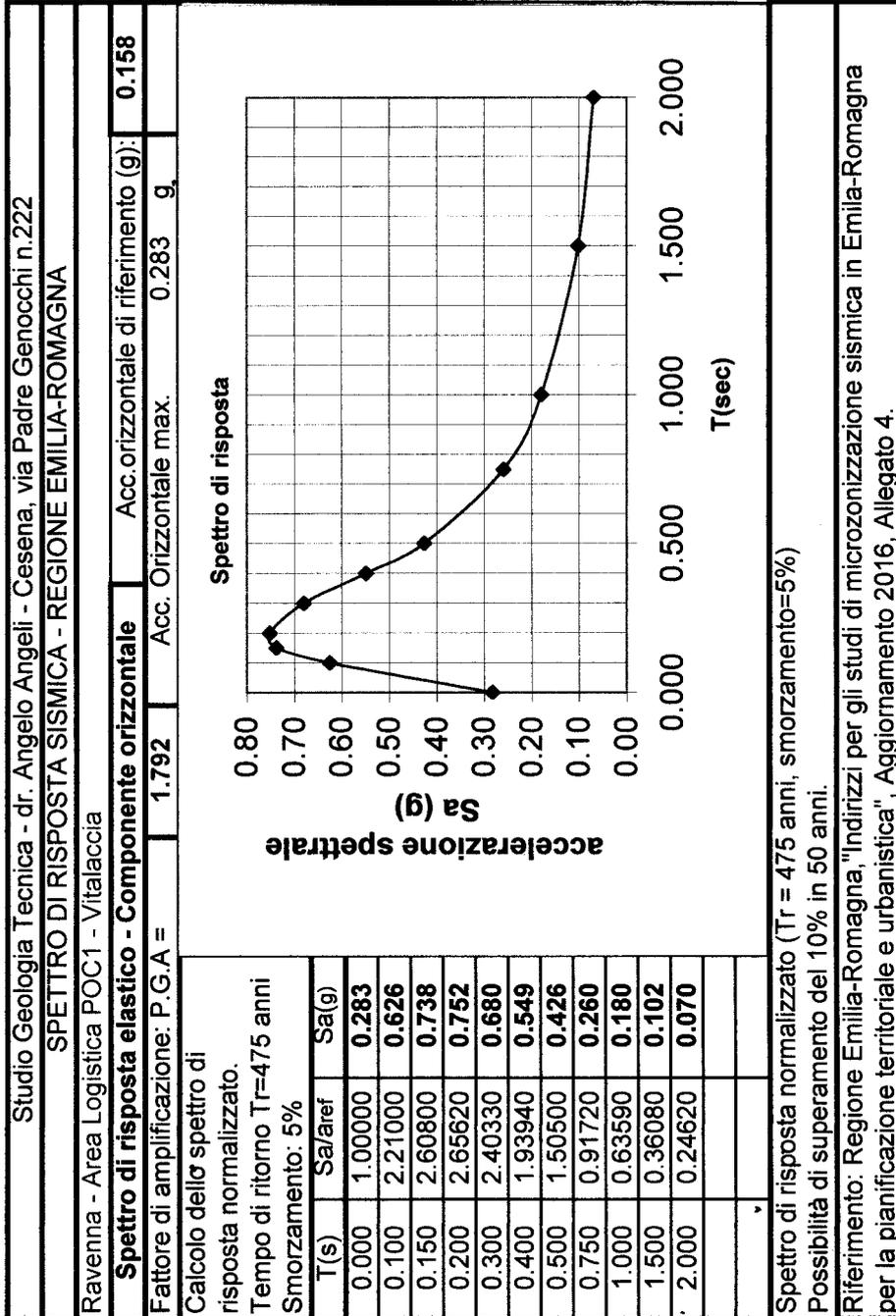


TAVOLA XV-1

Studio di Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.054727682					
Spettro di risposta elastico - (NTC 2008)					
Spettro di risposta elastico orizzontale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = axSxnxFox(T/T_b + 1/(nxFo)x(1-T/T_b))$	$n = \text{SQR}(10/(5+s)) \geq 0,55$			
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = axSxnxFo$	$s = \text{smorzamento}$			
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = axSxnxFox(Tc/T)$	$T_c = T_c^* \times Cc$			
$T_d \leq T$	$Se(T) = axSxnxFox(TcTd/T^2)$	$T_b = Tc/3$			
Località:	Area Logistica POC1 - Vitalaccia				$Td = 4 \times (ag/g) + 1,6$
Classe dell'edificio:	II	Stato limite:		Salvaguardia della Vita	
Categoria di suolo:	D	Fo =	2.567	Tc* = sec	0.280
S=SsxSt=	1.792	agrif =	0.158	ag=agrif.XS=	0.283 g
Tb =	0.2205 sec	n =	1.00	St =	1.00
Tc =	0.6614 sec	smorzamento %:		5	Cc = 2.36
Td =	2.732 sec	Tempo di ritorno: Tr =	475	anni	Ss = 1.792
Possibilità di superamento del		0.10%	in anni	50	

T	Se(T)
sec	
0.000	0.283
0.100	0.484
0.221	0.727
0.300	0.727
0.400	0.727
0.500	0.727
0.661	0.727
0.700	0.687
0.800	0.601
1.000	0.481
1.200	0.401
1.400	0.343
1.600	0.300
1.800	0.267
2.200	0.218
2.732	0.176
3.000	0.146
3.500	0.107
4.000	0.082

Spettro elastico orizzontale

accelerazione orizzontale Se(T)

T (sec)

Spostamento massimo orizzontale del suolo: dg=0,025xSxTcxTdxag =		12.8	mm
Velocità massima orizzontale del suolo: vg=0,16xSxTcxag =		0.030	m/sec

Spettro di risposta elastico verticale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = agxSxnxFvx(T/T_b) + 1/(nxFv)x(1-T/T_b)$	$n = \text{SQR}(10/(5+s)) \geq 0,55$			
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = agxSxnxFv$	$s = \text{smorzamento}$			
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = agxSxnxFvx(Tc/T)$	$Fv = 1,35xFoxag^0,5$			
$T_d \leq T$	$Se(T) = agxSxnxFvx(TcTd/T^2)$	$Fv = 1.38$			
Località:	Area Logistica POC1 - Vitalaccia				
Categoria di suolo:	D	S =	1		
S=SsxSt=	1.00	ag =	0.158	ag x S =	0.158
Tb =	0.05 sec	n =	1.00		
Tc =	0.15 sec	smorzamento %:		5	
Td =	1.00 sec				

T	Sve(T)
sec	
0.00	0.085
0.05	0.218
0.10	0.218
0.15	0.218
0.20	0.163
0.30	0.109
0.40	0.082
0.50	0.065
0.60	0.054
0.70	0.047
0.80	0.041
1.00	0.033
1.20	0.023
1.40	0.017
1.60	0.013
1.80	0.010
2.00	0.008
2.50	0.005
3.00	0.004
4.00	0.002

Spettro risposta elastico verticale

Componente verticale (Sve(T))

T(sec)

TAVOLA XV-2

Studio di Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.054727682					
Spettro di risposta elastico - (NTC 2008)					
Spettro di risposta elastico orizzontale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = axSxnxFox(T/Tb + 1/(nxFo)x(1-T/Tb))$			$n = \sqrt{10/(5+s)} \geq 0,55$	
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = axSxnxFo$			$s = \text{smorzamento}$	
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = axSxnx2,5x(Tc/T)$			$Tc = Tc^* \times Cc$	
$T_d \leq T$	$Se(T) = axSxnxFox(TcxTd/T^2)$			$Tb = Tc/3$	
Località:	Area Logistica POC1-Vitalaccia				$Td = 4 \times (ag/g) + 1,6$
Classe dell'edificio:	II	Stato limite:	Prevenzione Collasso		
Categoria di suolo:	D	Fo =	2.505	Tc* = sec	0.283
S=SsxSt=	1.615	agrif =	0.209	ag=agrif.xS=	0.337
Tb =	0.2217 sec	n =	1.00	St =	1.00
Tc =	0.6650 sec	smorzamento %:		5	Ss = 1.615
Td =	2.950 sec	Tempo di ritorno: Tr =	975	anni	Cc = 2.35
Possibilità di superamento del		0.10%	in anni	50	

T	Se(T)
sec	
0.000	0.337
0.100	0.567
0.222	0.845
0.300	0.845
0.400	0.845
0.500	0.845
0.665	0.845
0.700	0.803
0.800	0.703
1.000	0.562
1.200	0.468
1.400	0.402
1.600	0.351
1.800	0.312
2.200	0.256
2.950	0.191
3.000	0.184
3.500	0.135
4.000	0.104

Spettro elastico orizzontale

accelerazione orizzontale Se(T)

T (sec)

Spostamento massimo orizzontale del suolo: dg=0,025xSxTcxTdxag =	16.5	mm
Velocità massima orizzontale del suolo: vg=0,16xSxTcxag =	0.036	m/sec

Spettro di risposta elastico verticale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = agxSxnxTv x(T/Tb) + 1/(nxFv)x(1-T/Tb)$			$n = \sqrt{10/(5+s)} \geq 0,55$	
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = agxSxnxTv$			$s = \text{smorzamento}$	
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = agxSxnxTv x(Tc/T)$			$Fv = 1,35xFoxag^0,5$	
$T_d \leq T$	$Se(T) = agxSxnxFvx(TcxTd/T^2)$			$Fv = 1,55$	
Località:	Area Logistica POC1-Vitalaccia				
Categoria di suolo:	D	S =	1		
S=SsxSt=	1.00	ag =	0.209	ag x S =	0.209
Tb =	0.05 sec	n =	1.00		
Tc =	0.15 sec	smorzamento %:		5	
Td =	1.00 sec				

T	Sve(T)
sec	
0.00	0.129
0.05	0.323
0.10	0.323
0.15	0.323
0.20	0.242
0.30	0.162
0.40	0.121
0.50	0.097
0.60	0.081
0.70	0.069
0.80	0.061
1.00	0.048
1.20	0.034
1.40	0.025
1.60	0.019
1.80	0.015
2.00	0.012
2.50	0.008
3.00	0.005
4.00	0.003

Spettro risposta elastico verticale

Componente verticale Sve(T)

T(sec)

Studio di Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.054727682					
Spettro di risposta elastico - (NTC 2008)					
Spettro di risposta elastico orizzontale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = axSxnxFox(T/Tb + 1/(nxFo) \times (1 - T/Tb))$	$n = \text{SQR}(10/(5+s)) \geq 0,55$			
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = axSxnxFo$	s = smorzamento			
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = axSxnx2,5x(Tc/T)$	$Tc = Tc^* \times Cc$			
$T_d \leq T$	$Se(T) = axSxnxFox(TcxTd/T^2)$	$Tb = Tc/3$			
Località:	Area Logistica POC1 - Vitalaccia				$Td = 4 \times (ag/g) + 1,6$
Classe dell'edificio:	II	Stato limite:		Salvaguardia della Vita	
Categoria di suolo:	C	$Fo =$	2.567	$Tc^* = \text{sec}$	0.280
$S = SsxSt =$	1.457	agrif =	0.158	$ag = \text{agrif} \times S =$	0.230 g
$Tb =$	0.1492 sec	n =	1.00	$St =$	1.00
$Tc =$	0.4475 sec	smorzamento %:		5	$Cc =$ 1.60
$Td =$	2.521 sec	Tempo di ritorno: $Tr =$		475	$Ss =$ 1.457
Possibilità di superamento del		0.10%	in anni		50

T	Se(T)
sec	
0.000	0.230
0.100	0.472
0.149	0.591
0.300	0.591
0.448	0.591
0.500	0.529
0.600	0.441
0.700	0.378
0.800	0.330
1.000	0.264
1.200	0.220
1.400	0.189
1.600	0.165
1.800	0.147
2.200	0.120
2.521	0.105
3.000	0.074
3.500	0.054
4.000	0.042

Spettro elastico orizzontale

Spostamento massimo orizzontale del suolo: $dg = 0,025 \times S \times Tc \times Td \times ag =$ 6.5 mm

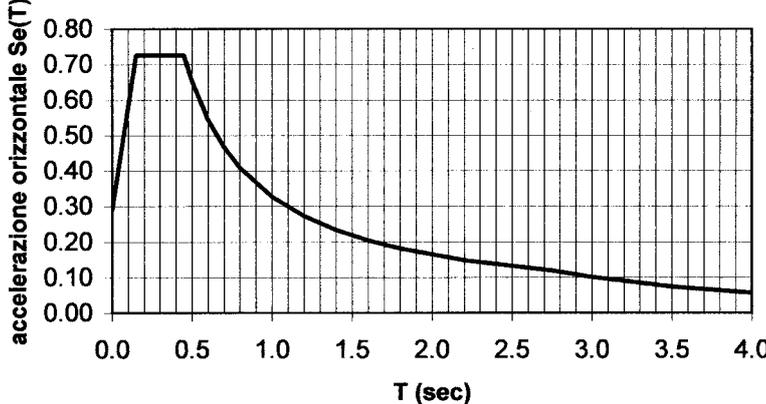
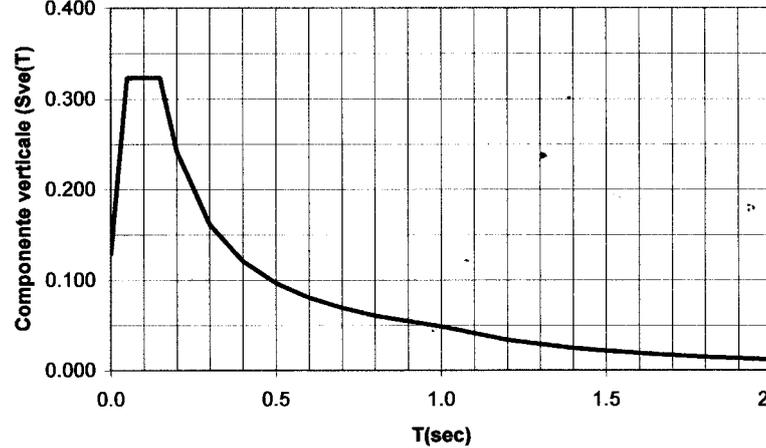
Velocità massima orizzontale del suolo: $vg = 0,16 \times S \times Tc \times ag =$ 0.016 m/sec

Spettro di risposta elastico verticale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = agxSxnxTv \times (T/Tb) + 1/(nxFv) \times (1 - T/Tb)$	$n = \text{SQR}(10/(5+s)) \geq 0,55$			
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = agxSxnxTv$	s = smorzamento			
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = agxSxnxTv \times (Tc/T)$	$Fv = 1,35 \times Foxag^{0,5}$			
$T_d \leq T$	$Se(T) = agxSxnxFvx(TcxTd/T^2)$	$Fv =$ 1.38			
Località:	Area Logistica POC1 - Vitalaccia				
Categoria di suolo:	C	S =	1		
$S = SsxSt =$	1.00	ag =	0.158	$ag \times S =$	0.158
$Tb =$	0.05 sec	n =	1.00		
$Tc =$	0.15 sec	smorzamento %:		5	
$Td =$	1.00 sec				

T	Sve(T)
sec	
0.00	0.085
0.05	0.218
0.10	0.218
0.15	0.218
0.20	0.163
0.30	0.109
0.40	0.082
0.50	0.065
0.60	0.054
0.70	0.047
0.80	0.041
1.00	0.033
1.20	0.023
1.40	0.017
1.60	0.013
1.80	0.010
2.00	0.008
2.50	0.005
3.00	0.004
4.00	0.002

Spettro risposta elastico verticale

TAVOLA XV-4

Studio di Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.054727682					
Spettro di risposta elastico - (NTC 2008)					
Spettro di risposta elastico orizzontale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = a_x S_{xnx} F_{ox} (T/T_b + 1/(n_x F_{ox})) x (1 - T/T_b)$				$n = \text{SQR}(10/(5+s)) \geq 0,55$
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = a_x S_{xnx} F_{ox}$				$s = \text{smorzamento}$
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = a_x S_{xnx} 2,5x(T_c/T)$				$T_c = T_c^* x C_c$
$T_d \leq T$	$Se(T) = a_x S_{xnx} F_{ox} (T_c T_d / T^2)$				$T_b = T_c/3$
Località:	Area Logistica POC1-Vitalaccia				$T_d = 4 x (a_g/g) + 1,6$
Classe dell'edificio:	II	Stato limite:		Prevenzione Collasso	
Categoria di suolo:	C	$F_o =$	2.505	$T_c^* = \text{sec}$	0.283
$S = S_s x S_t =$	1.386	$a_{grif} =$	0.209	$a_g = a_{grif} x S =$	0.290
$T_b =$	0.1502 sec	$n =$	1.00	$S_t =$	1.00
$T_c =$	0.4507 sec	smorzamento %:		5	$S_s =$ 1.386
$T_d =$	2.759 sec	Tempo di ritorno: $T_r =$	975	anni	$C_c =$ 1.59
Possibilità di superamento del		0.10%	in anni	50	
T	Se(T)	Spettro elastico orizzontale 			
sec					
0.000	0.290				
0.100	0.580				
0.150	0.726				
0.300	0.726				
0.451	0.726				
0.500	0.654				
0.600	0.545				
0.700	0.467				
0.800	0.409				
1.000	0.327				
1.200	0.273				
1.400	0.234				
1.600	0.204				
1.800	0.182				
2.200	0.149				
2.759	0.119				
3.000	0.100				
3.500	0.074				
4.000	0.056				
Spostamento massimo orizzontale del suolo: $d_g = 0,025 x S_x T_c x T_d x a_g =$ 9.0 mm					
Velocità massima orizzontale del suolo: $v_g = 0,16 x S_x T_c x a_g =$ 0.021 m/sec					
Spettro di risposta elastico verticale					
$0 \leq T < T_b$	$Se(T) = a_g x S_{xnx} T_v x (T/T_b + 1/(n_x F_v)) x (1 - T/T_b)$				$n = \text{SQR}(10/(5+s)) \geq 0,55$
$T_b \leq T < T_c$	$Se(T) = a_g x S_{xnx} T_v$				$s = \text{smorzamento}$
$T_c \leq T < T_d$	$Se(T) = a_g x S_{xnx} T_v x (T_c/T)$				$F_v = 1,35 x F_{ox} a_g^0,5$
$T_d \leq T$	$Se(T) = a_g x S_{xnx} F_v x (T_c T_d / T^2)$				$F_v =$ 1.55
Località:	Area Logistica POC1-Vitalaccia				
Categoria di suolo:	C	$S =$	1		
$S = S_s x S_t =$	1.00	$a_g =$	0.209	$a_g x S =$	0.209
$T_b =$	0.05 sec	$n =$	1.00		
$T_c =$	0.15 sec	smorzamento %:		5	
$T_d =$	1.00 sec				
T	Sve(T)	Spettro risposta elastico verticale 			
sec					
0.00	0.129				
0.05	0.323				
0.10	0.323				
0.15	0.323				
0.20	0.242				
0.30	0.162				
0.40	0.121				
0.50	0.097				
0.60	0.081				
0.70	0.069				
0.80	0.061				
1.00	0.048				
1.20	0.034				
1.40	0.025				
1.60	0.019				
1.80	0.015				
2.00	0.012				
2.50	0.008				
3.00	0.005				
4.00	0.003				

Studio di Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI
CESENA, Via Don G. Dossetti n.28 – Tel.0547-27682
Già Via Padre Genocchi n.222

**INDAGINE SISMICA PASSIVA MEDIANTE
TROMOGRAFO DIGITALE “TROMINO”
(METODO NAKAMURA – HVSr o H/V)
STIMA DEL VS30 CON MISURA DIRETTA DELLE
FREQUENZE DI RISONANZA DA STAZIONE SINGOLA**

Località: Porto San Vitale

Committente: SAPIR ENGINEERING

Lavoro: Area Logistica POC1

RELAZIONE GEOFISICA

Data: Gennaio 2016

INDAGNE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

La prova sismica passiva a stazione singola rileva le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. La prova è comunemente nota come prova “HVSF” o semplicemente “H/V”: rapporto tra le componenti spettrali orizzontali (H) e la componente spettrale verticale (V).

In un sistema costituito da uno strato tenero (copertura) sopra un semispazio rigido (bedrock) un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti $\lambda = n \cdot 4H$. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$f = n \cdot V_s / (4H) \quad \text{con } n = 1, 3, 5, \dots \quad (1)$$

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale per $n=1$) e V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato di spessore H . Nella maggior parte dei casi, a causa delle attenuazioni nelle coperture, il solo modo visibile è quello fondamentale.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto, ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

L'equazione (1) permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce f , nota la V_s delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

Il rumore sismico ambientale viene generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento ecc.) e dall'attività antropica. Viene detto anche “microtremore” perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Al rumore di fondo, sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali antropiche e naturali. I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P ed S, in parte da onde di superficiali che hanno velocità prossime a quelle delle onde S.

Il rumore sismico può essere misurato con il tromografo digitale Tromino ed analizzato con il software Grilla.

Dopo i primi studi di Kanai (1957), diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. La tecnica maggiormente consolidata, proposta da Nogoshi & Igarashi (1970), prende in esame i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectra Ratio HVSF o H/V). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire la frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo.

L'ampiezza del picco del rapporto H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra gli strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice.

La curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non risulta interpretabile applicando semplicemente l'equazione (1). E' necessario applicare il processo di inversione che richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V e che fornisce un'importante normalizzazione del segnale.

I valori assoluti degli spettri orizzontali (H) e verticali (V) variano con il livello assoluto del rumore ambientale (alte frequenze, disturbi "antropici" tipo mezzi in movimento, lavorazioni, calpestio ecc.). Nella pratica si usa H/V perché è un buon normalizzatore e, come ampiamente riconosciuto nella letteratura scientifica internazionale, H/V misura direttamente le frequenze di risonanza dei terreni. Nell'interpretazione delle curve H/V vanno distinti i picchi dovuti a risonanza stratigrafica da quelli dovuti a disturbi. Inoltre le curve H/V vanno osservate congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui derivano. Questo permette di discernere i picchi di natura stratigrafica da quelli di natura antropica. In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. **Alla frequenza di risonanza invece si genera un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" od "a ogiva": questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche. In corrispondenza delle frequenze di risonanza ad un massimo locale delle componenti NS ed EW corrisponde un minimo locale della componente Z.**

Se vi è inversione di velocità la componente verticale passa sopra a quelle orizzontali. Anche in questo caso minimi locali nella curva della componente verticale sono indicativi di risonanza stratigrafica, se corrispondenti a picchi delle componenti orizzontali.

In una misura di tremore possono entrare anche vibrazioni monofrequenziali (artefatti) indotte da macchinari o simili. Queste producono picchi stretti ben definiti su tutte e tre le componenti spettrali e sono quindi facilmente distinguibili.

STIMA DI VS30 A PARTIRE DA MISURE A STAZIONE SINGOLA

L'analisi H/V permette di identificare i contrasti di impedenza tra gli strati. Una coltre di sedimenti sovrastanti un substrato roccioso (bedrock) darà un picco nella funzione H/V. Però anche una coltre di sedimenti fini sopra uno strato di ghiaia o sabbia densa può generare una risonanza e quindi un massimo nella funzione H/V. In questo caso lo strato di ghiaia o sabbia densa viene in genere indicato come bedrock-like (strato assimilabile al bedrock) anche se la sua velocità è inferiore agli 800 m/s previsti dalla normativa. Anche questi strati bedrock-like sono in grado di creare fenomeni di intrappolamento d'onde e quindi fenomeni di risonanza, se la discontinuità nelle Vs è netta.

A partire da una misura di frequenza di risonanza, tramite l'equazione (1), è possibile ottenere una stima delle Vs delle coperture, a patto che sia nota la profondità dello strato che la genera, o viceversa. L'equazione (1) vale però solo nei sistemi costituiti da monostrato+bedrock, mentre nei

casi multistrato è necessario ricorrere a modelli più complessi, basati sulla propagazione delle onde di superficie. Oltre al software adatto, per trasformare una curva H/V in un profilo di Vs è necessario un vincolo, che normalmente è la profondità di un contatto tra litologie diverse, noto da prove penetrometriche, sondaggi ecc.. In assenza di qualsiasi vincolo esistono infiniti modelli (cioè combinazioni Vs-H) che soddisfano la stessa curva H/V. La prova penetrometrica è quella che meglio si presta a vincolare l'H/V in quanto fornisce, oltre alla stratigrafia, indicazioni sulle diverse proprietà meccaniche degli strati di terreno, correlabili con la velocità delle onde trasversali. Nella scelta di primo tentativo delle Vs dei singoli strati si può fare riferimento alle correlazioni esistenti in letteratura fra i dati penetrometrici e la Vs. Valori orientativi di velocità delle onde S sono riportati nella Tabella 1.

Quindi risulta indispensabile avere a disposizione dei vincoli da prove dirette del sottosuolo (penetrometrie o sondaggi) per poter associare ai picchi rilevati dalle misure di microtremore dei contrasti di impedenza adeguati, cioè modellare il mezzo geologico affinché rappresenti in maniera attendibile il sottosuolo, cioè strati con spessori e velocità associabili alla curva misurata delle frequenze di risonanza con il rapporto spettrale H/V.

Nel caso semplice di strato omogeneo sopra un bedrock, se da misure dirette è nota la profondità H del bedrock (o bedrock-like), si può calcolare il Vs30 attraverso le misure di frequenza (fr) direttamente dalla [1].

Nel caso di terreno multistrato il Vs30 viene calcolato, sulla base del profilo di velocità ricostruito, con la formula: $Vs30 = 30/\Sigma(h_i/V_{si})$ [m/s]

Nel 2005 il progetto SESAME stabilì una serie di criteri per la valutazione della significatività statistica dei picchi H/V. La prima parte di questi criteri, individuata la frequenza del picco di risonanza, verifica se la registrazione è stata effettuata per un periodo statisticamente significativo e se l'analisi è stata condotta secondo i principi della statistica. La seconda parte di questi criteri analizza la geometria del picco e dice semplicemente se il picco ha una forma ben definita. Questa parte del test SESAME va interpretata con cognizione di causa, perché solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi netti. Al contrario le transizioni graduali (per es., roccia fratturata su roccia sana, passaggi da limo-argilloso a sabbia-limoso e simili) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze significative, ma solo che non ci sono picchi singoli ben definiti.

Tabella 1. Valori caratteristici delle onde S nei vari tipi di suolo (Borcherdt,1994).

Tipi di suolo	Vs min. (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max. (m/s)
Rocce molto dure (rocce metamorfiche poco fratturate)	1400	1620	...
Rocce dure (graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie ed argilliti da poco a mediamente fratturati)	700	1050	1400
Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure (rocce sedimentarie tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con + del 20% di ghiaia)	375	540	700
argille compatte e suoli sabbiosi (sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose o limose, argille da medie a compatte)	200	290	375
Terreni teneri (terreno di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

MODI DI VIBRARE

Come il sottosuolo, eccitato dalle onde che lo attraversano, presenta più modi di vibrare anche le strutture e gli edifici in c.a. presentano a loro volta delle frequenze di risonanza proprie dell'edificio. E' opportuno evitare i fenomeni di doppia risonanza cioè quei casi in cui la frequenza propria di risonanza del terreno è simile a quella dell'edificio.

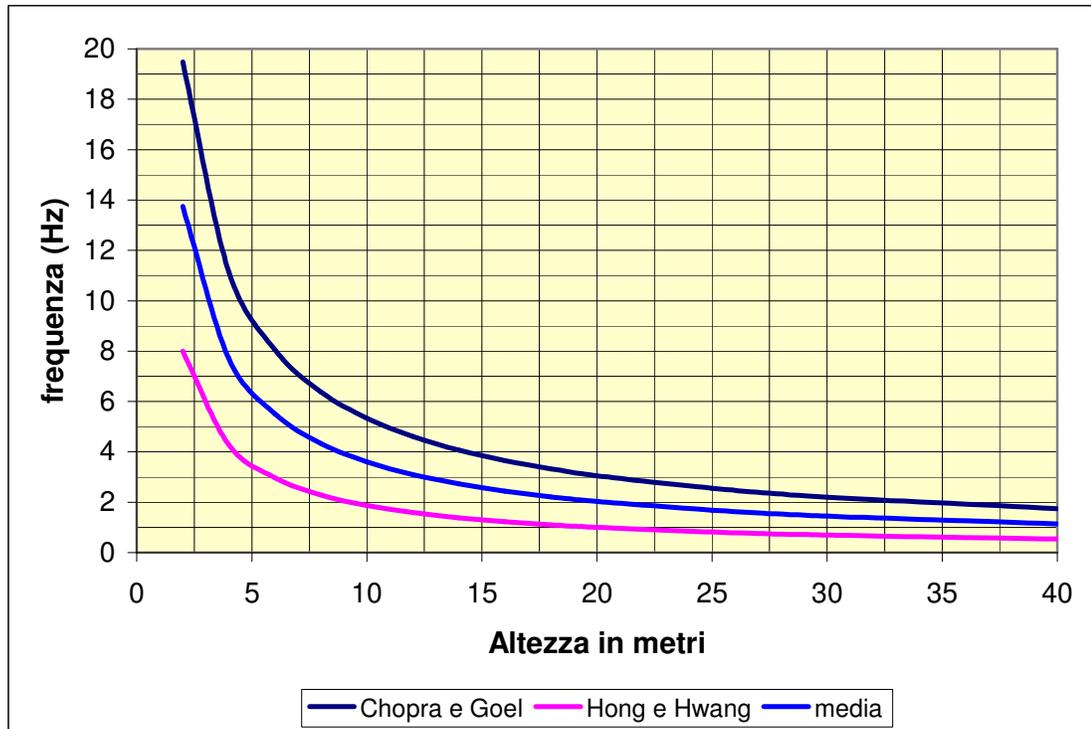
Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è sfavorevole dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente sfavorevole perché :

- a) gli edifici con il proprio danneggiamento diminuiscono la loro frequenza di risonanza;
- b) il sottosuolo può manifestare modi di vibrare di ampiezza maggiore e a frequenza maggiore rispetto a quella visibile con i microtremori.

Quindi è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre lontana dal picco di risonanza del terreno, soprattutto se questo è molto pronunciato.

Si allega di seguito il grafico semplificato che mette in relazione la frequenza di risonanza teorica per edifici con la loro altezza in metri, in modo da poter confrontare in maniera speditiva se sono possibili fenomeni di doppia risonanza.

Le correlazioni di Chopra e Goel e di Hong e Hwang rappresentano i casi estremi fra le varie correlazioni proposte dai vari Autori.



L'indagine di sismica passiva (metodo H/V) e le valutazioni in base alle CPT hanno fornito valori di V_{s30} inferiori a 180 m/sec da 0 a 30 metri nelle zone "A" e "C", mentre nella zona "B" si sono ottenuti valori del v_{s30} di poco superiori a 180 m/sec. Nelle zone "A" e "C" il sottosuolo rientra quindi nella Categoria "D", mentre nella zona "B" rientra, sia pure per poco, nella Categoria "C".

L'unico picco di risonanza di una certa evidenza è attorno ad una frequenza di 0.8 Hz nelle zone "A" e "C". Oltre ad essere picchi di risonanza poco pronunciati, riguardano frequenze che interessano solo manufatti di altezza eccezionale. Nelle due prove della zona "B" sono presenti picchi poco evidenti alle frequenze di 1 e 1.1 Hz. Nella prova T.4 sono presenti picchi a 0.2-0.3 Hz (dovuto a strato molto profondo) ed a 20-30 Hz (dovuto a strato superficiale), in quali non hanno interesse essendo tali frequenze fuori dall'intervallo di interesse pratico.