



COMUNE DI RAVENNA

AREA INFRASTRUTTURE CIVILI

SERVIZIO STRADE

U.O. STRADE CENTRO/NORD



INTERVENTO: RIFACIMENTO IMPALCATO SULLA VIA CLASSICANA E MANUTENZIONE VIABILITA' LIMITROFE IN AMBITO PORTUALE

PROGETTO ESECUTIVO

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| Segretario generale: Dott. PAOLO NERI | Assessorato LL.PP.: Sig. ENRICO LIVERANI | Sindaco: Sig. FABRIZIO MATTEUCCI |
|--|---|-------------------------------------|

Capo Servizio: Ing. ANNA FERRI

Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI

Firme:

| | | |
|---|--------------------------|-------|
| RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: | Ing. ANNA FERRI | _____ |
| PROGETTISTA COORDINATORE: | Ing. CECILIA ROSETTI | _____ |
| PROGETTISTA OPERE STRADALI : | Ing. CECILIA ROSETTI | _____ |
| PROGETTISTA OPERE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE: | P.I. IVANO PAPA | _____ |
| PROGETTISTA OPERE FOGNARIE: | Dott. GIANLUCA RICEPUTI | _____ |
| PROGETTISTA OPERE DI SEGNALETICA: | Geom. AGNESE CENTOLANI | _____ |
| PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI: | Ing. EMILIANO PANZAVOLTA | _____ |



SAPIR Porto Intermodale Ravenna S.p.A.
48122 Ravenna - Via G. A. Zani, 1 - Tel. 0544/289711 - Fax 0544/289901
Email: segreteria@sapir.it - Internet: www.sapir.it



SAPIR Engineering S.r.l. Socio Unico
48122 Ravenna - Via G. Antonio Zani, 1
Tel. 0544/289711 - Fax 0544/289901
e-mail: segreteria@sapir.it - Internet: www.sapir.it

| | | | | | |
|------|-----------------------------|----------|-------------|-----------|------------|
| | | | | | |
| 0 | EMISSIONE SAPIR Engineering | AB | EP | GS | 30/01/2015 |
| Rev. | Descrizione: | Redatto: | Controllato | Approvato | Data: |

ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Codice Intervento: PT:06.05/203/2013 | Data: GENNAIO 2015 | Codice Elaborato: R_1002b |
| Scala: | File: CO-14-014_STR-REL-02_r00 | Revisione: 0 |



COMUNE DI RAVENNA

AREA INFRASTRUTTURE CIVILI
SERVIZIO STRADE
U.O. STRADE CENTRO/NORD



Sistema di Qualità certificato per:
Progettazione, programmazione,
affidamento, direzione lavori
dei lavori pubblici
e delle manutenzioni;
gestione esproprio.

INTERVENTO: RIFACIMENTO IMPALCATO SULLA VIA CLASSICANA E MANUTENZIONE VIABILITA' LIMITROFE IN AMBITO PORTUALE

PROGETTO DEFINITIVO

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| Segretario generale: Dott. PAOLO NERI | Assessorato LL.PP.: Dott. ANDREA CORSINI | Sindaco: Sig. FABRIZIO MATTEUCCI |
|--|---|-------------------------------------|

Capo Servizio: Ing. ANNA FERRI

Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI

Firme:

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing.ANNA FERRI

PROGETTISTA COORDINATORE: Ing.CECILIA ROSETTI

PROGETTISTA OPERE STRADALI: Ing.CECILIA ROSETTI

**PROGETTISTA OPERE DI PUBBLICA
ILLUMINAZIONE:** P.I. IVANO PAPA

PROGETTISTA OPERE DI SEGNALETICA: Geom.AGNESE CENTOLANI

PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI: Ing.EMILIANO PANZAVOLTA



SAPIR Porto Intermodale Ravenna S.p.A.
48122 Ravenna - Via G. A. Zani, 1 - tel. 0544/289711 - fax 0544/289901
Email: segreteria@sapir.it - Internet: www.sapir.it



SAPIR Engineering S.r.l. Socio Unico
48122 Ravenna - Via G. Antonio Zani, 1
Tel. 0544/289711 - Fax 0544/289901
e-mail: segreteria@sapireng.it - Internet: www.sapireng.it

| | | | | | |
|------|-----------------------------|----------|-------------|-----------|------------|
| | | | | | |
| 0 | EMISSIONE SAPIR Engineering | EP | EP | GS | 28/11/2014 |
| Rev. | Descrizione: | Redatto: | Controllato | Approvato | Data: |

ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA

| | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|
| Codice Intervento: PT:06.05/203/2013 | Data: NOVEMBRE 2014 | Codice Elaborato: R 1002 b |
| Scala: / | File: CO-14-014_STR-REL-02_r00 | Revisione: 0 |

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO..... | 2 |
| 2 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... | 2 |
| 3 | INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 3 |
| 3.1 | Osservazione sui parametri geotecnici | 4 |
| 3.1.1 | <i>Risultati della 1° CPT 12/05</i> | 6 |
| 3.1.2 | <i>Risultati della 2° CPT 13/05</i> | 8 |
| 3.1.3 | <i>Risultati della 3° CPT 14/05</i> | 10 |
| 3.1.4 | <i>Risultati della 4° CPT 15/05</i> | 12 |
| 3.1.5 | <i>Risultati della 5° CPT 01/14</i> | 14 |
| 4 | LIQUEFAZIONE DELLE TERRE..... | 18 |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 1 | 23 |

1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Alla base delle valutazioni progettuali sono state prese in esame le prove penetrometriche realizzate nell'ambito del progetto "*Realizzazione Centro Direzionale Portuale di Ravenna*" e "*Indagini Geognostiche sul terreno di fondazione di un ponte da ristrutturare sito nella zona portuale di Ravenna*", redatte rispettivamente nel mese di dicembre 2005 e nel mese di settembre 2014, che saranno utilizzate per la redazione del progetto base.

Le relazioni geologiche sono a firma del Geologo Angelo Angeli, queste saranno utilizzate come elemento di partenza per la valutazione in prima fase della relazione Geotecnica e successivamente per il calcolo delle strutture di fondazione del nuovo impalcato del ponte su via Classicana.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio del Comune di Ravenna fa parte, anche se marginalmente, del bacino sedimentario subsidente padano, del quale ha condiviso le vicissitudini geologiche. La struttura dell'area Ravennate è la conseguenza di processi geologici irreversibili quali l'eustatismo, ossia quell'insieme di fenomeni legati all'oscillazione del livello marino per espansione e ritiro della calotta glaciale, la variabilità e la mutevolezza del corso dei fiumi appenninici (Ronco, Santerno, Senio, Lamone, Montone, Bevano e Savio) e del loro carico sedimentario. Gran parte dei caratteri morfologici della zona settentrionale di Ravenna, sono stati determinati dall'evoluzione del delta del Po, ed in particolare del suo canale Primario (coincidente con l'attuale parte terminale del fiume Reno). A sud di questo canale la sedimentazione avveniva in ambiente di piana alluvionale. Questi elementi hanno significativamente influenzato le vicende che nel corso della storia hanno interessato l'attuale area portuale creata dai depositi alluvionali.

L'assetto strutturale del Ravennate è conseguente a movimenti orogenetici con allineamento dell'asse appenninico da Nord-Ovest a Sud-Est. Procedendo Da Nord a Sud sono riconducibili alle strutture sinclinaliche di S.Romualdo-Piombone, Romagnola, di Forlì, ed a quelle anticlinaliche di Ravenna e Alfonsine e di Cotignola.

L'ultima grande regressione Wurmiana (60.000-70.000 anni fa) portò il livello marino ad un centinaio di metri al di sotto di quello attuale, con conseguente sovrapposizione ai

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 2 | 23 |

sedimenti marini di depositi salmastri prima (a causa della presenza di un ambiente lagunare) e continentali poi (limi argillosi e sabbiosi con intercalazioni di sabbie, argille e banchi di torba).

Questo periodo fu seguito, nell'era post-glaciale, dalla trasgressione Flandriana che raggiunse, 5.000-6.000 anni fa, la sua massima estensione portando il livello della costa fino a venti chilometri nell'entroterra rispetto alla linea attuale. Ad una profondità di circa 25-30 metri sono rinvenibili talora le tracce di tale trasgressione con presenza di argille e limi torbosi, dello spessore di circa un metro, sottostanti sabbie che segnano l'arretramento della linea di costa (2.000-3.000 anni fa), linea dell'assestamento definitivo.

La migrazione della linea di costa verso il mare, determinò lo sviluppo di una pianura alluvionale dominata dai depositi fluviali appenninici. In tutta la zona si formarono aree palustri e lagunari, dovute alle esondazioni dei corsi d'acqua e alla fuoriuscita della falda idrica dal sottosuolo a causa del fenomeno di abbassamento del suolo. Quest'ultimo è un evento molto accentuato nel Ravennate, e consiste fondamentalmente nell'abbassamento del fondo del bacino sedimentario conseguente all'accumulo di sedimenti. Le cause dell'abbassamento possono essere comunque molteplici e di varia natura, inoltre possono agire contemporaneamente.

3 INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La finalità della presente relazione è di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (*volume significativo*) influenzato, direttamente e/o indirettamente, dalla costruzione di un manufatto.

Dai risultati delle indagini geologiche e dalle conseguenti interpretazioni dei risultati ottenuti, si definiscono le caratteristiche della fondazione ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione “*sovrastuttura-pali di fondazione*” e “*pali di fondazione-terreno*”.

Al fine di determinare la stratigrafia del terreno di fondazione e le sue caratteristiche fisico-meccaniche del suolo nel quale verrà realizzata la nuova fondazione centrale del ponte su via Classicana, sono state dedotte dalle prove eseguite per la realizzazione del Centro Direzionale Portuale Sapir e sia da prove specifiche condotte in adiacenza della spalla nord del ponte esistente, al fine di confermare e convalidare quanto in possesso, realizzando inoltre

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 3 | 23 |

una prova Geofisica, al fine di definire la Categoria del terreno, sul quale insisterà la fondazione della pila centrale del nuovo ponte a due campate.

3.1 OSSERVAZIONE SUI PARAMETRI GEOTECNICI

Al fine di determinare le caratteristiche del terreno, si sono estrapolate dalle campagna del 2005 e 2014, n° 5 CPT di nostro interesse, sulle quali eseguire le valutazioni ed uniformare i dati in modo da produrre una solida base di valutazione della capacità portante del terreno, per valutare i cedimenti che subirà la struttura a seguito del carico e la portata massima ammissibile dalla fondazione mista che verrà realizzata per supportare i carichi trasmessi dall'impalcato durante la sua vita utile.

Le prove in esame sono tutte ubicate nelle immediate vicinanze del progetto in esame per consentire una maggiore conoscenza del terreno sul quale insiste il manufatto.

Nello specifico si esamineranno i risultati delle:

1. CPT 12/05;
2. CPT 13/05;
3. CPT 14/05;
4. CPT 15/05;
5. CPT 1/14;

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 4 | 23 |

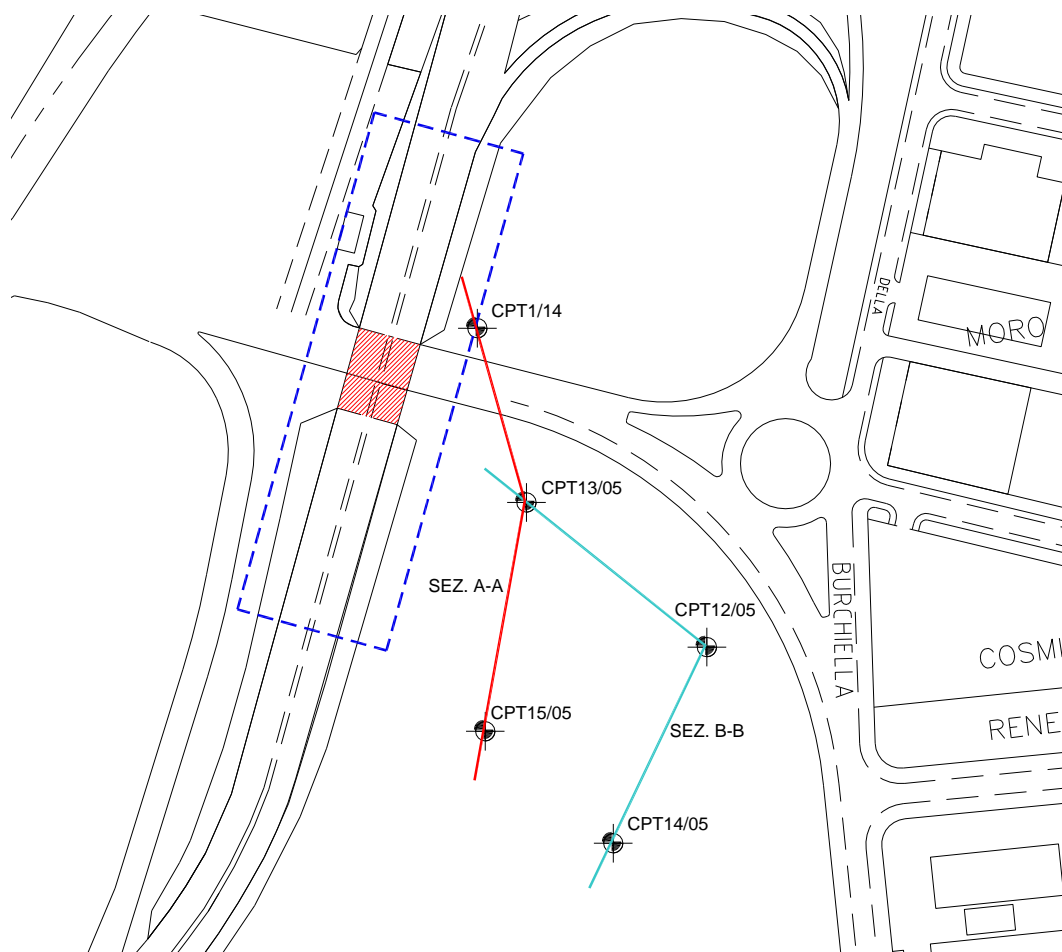
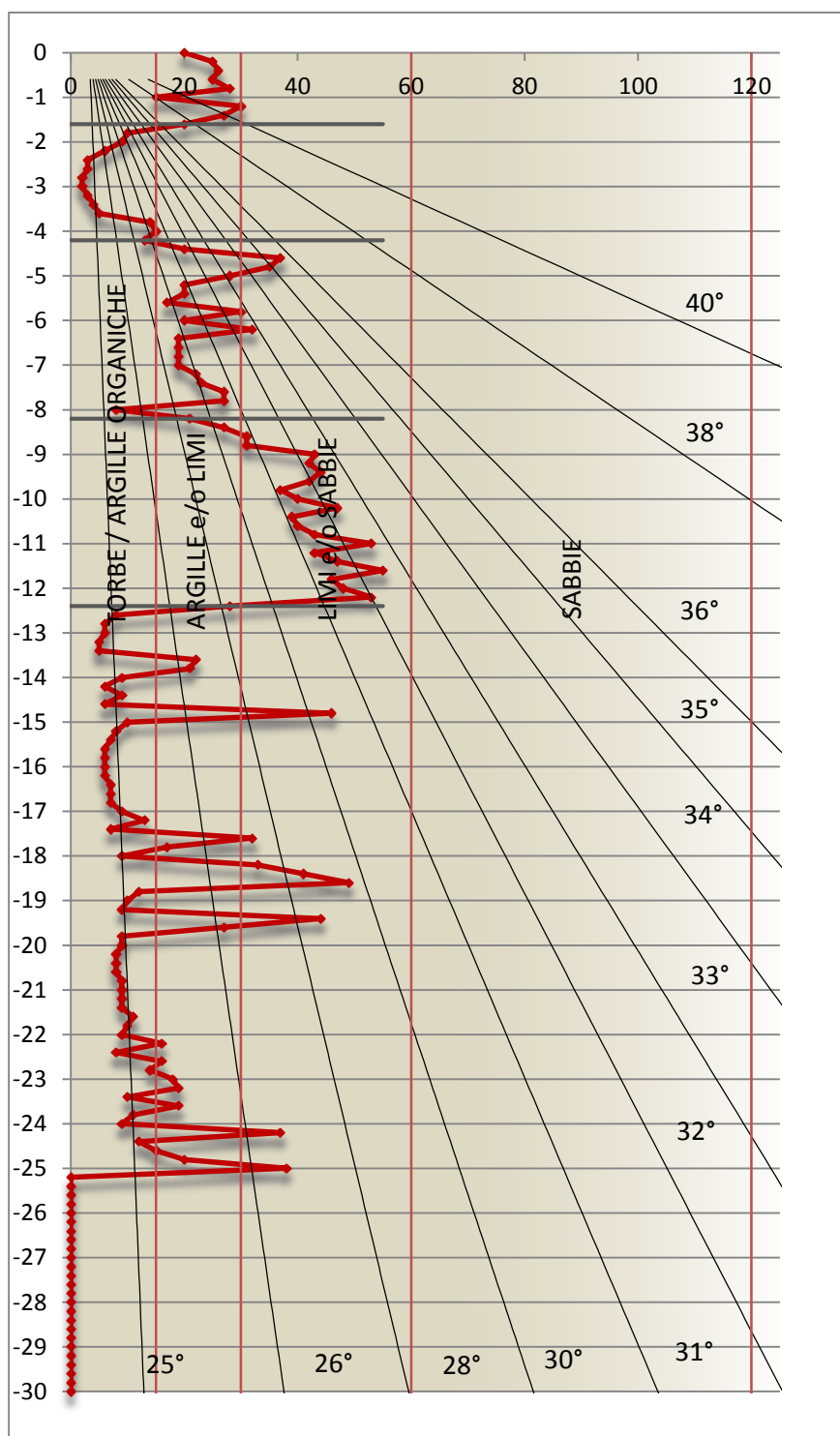


Figura 1: Posizionamento Prove Geotecniche

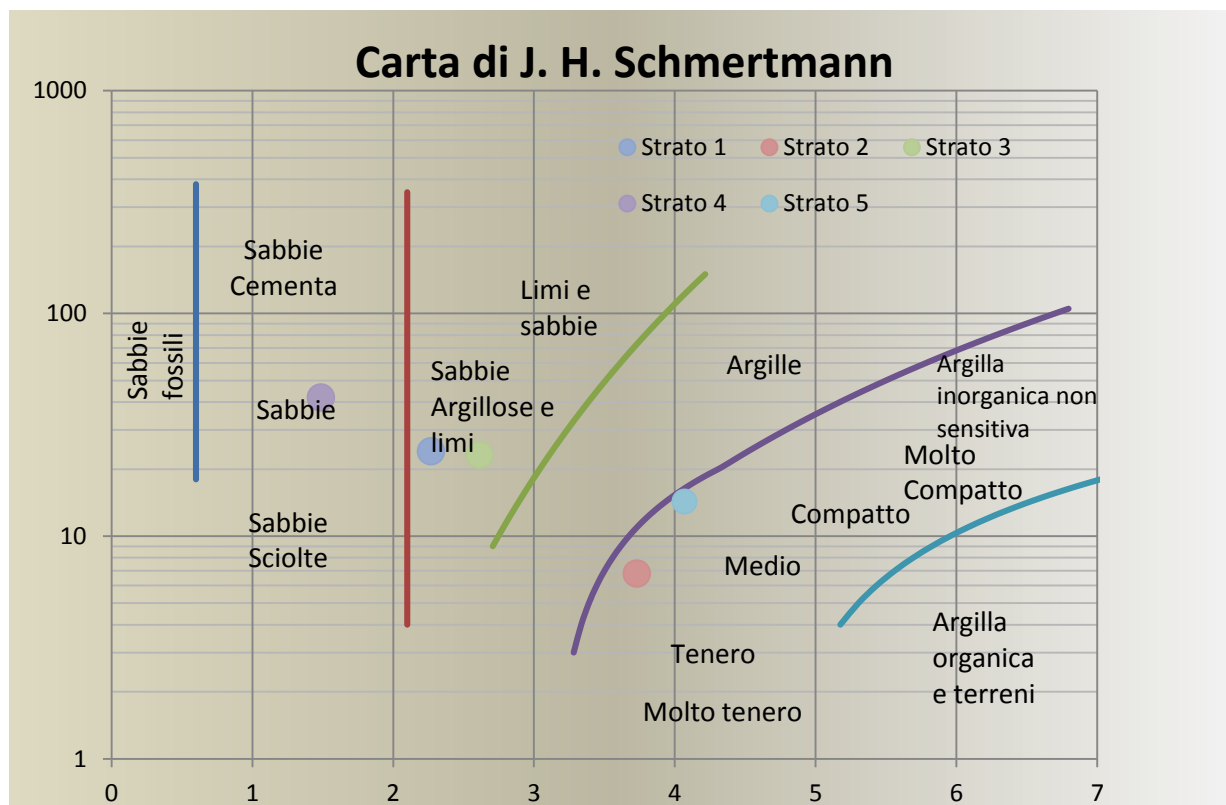
Di seguito sono riassunti i risultati delle prove, la loro interpretazione stratigrafica ed i parametri tabulati al fine di determinare la base per il calcolo e la verifica.

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 5 | 23 |

3.1.1 RISULTATI DELLA 1° CPT 12/05



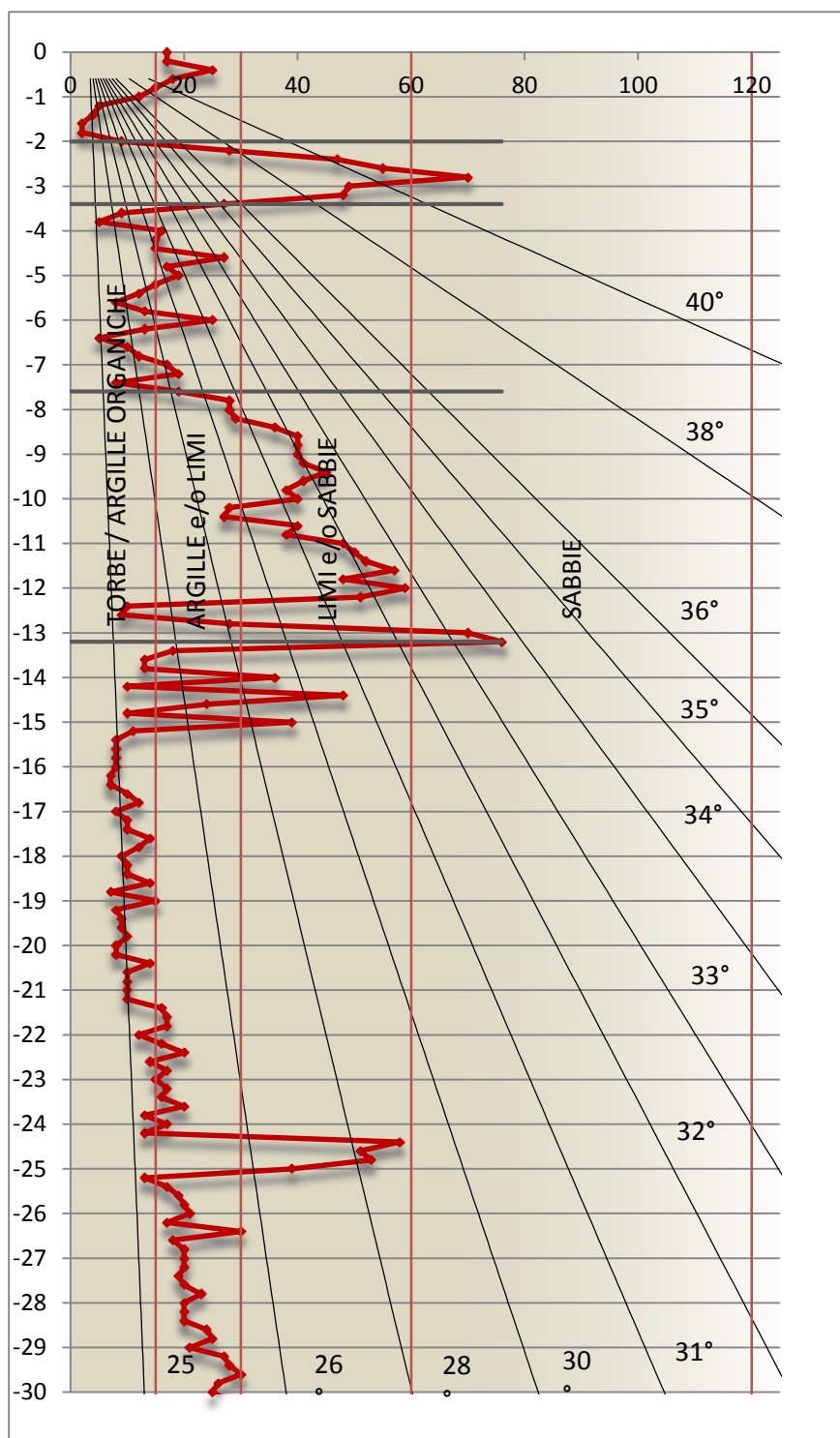
| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 6 | 23 |



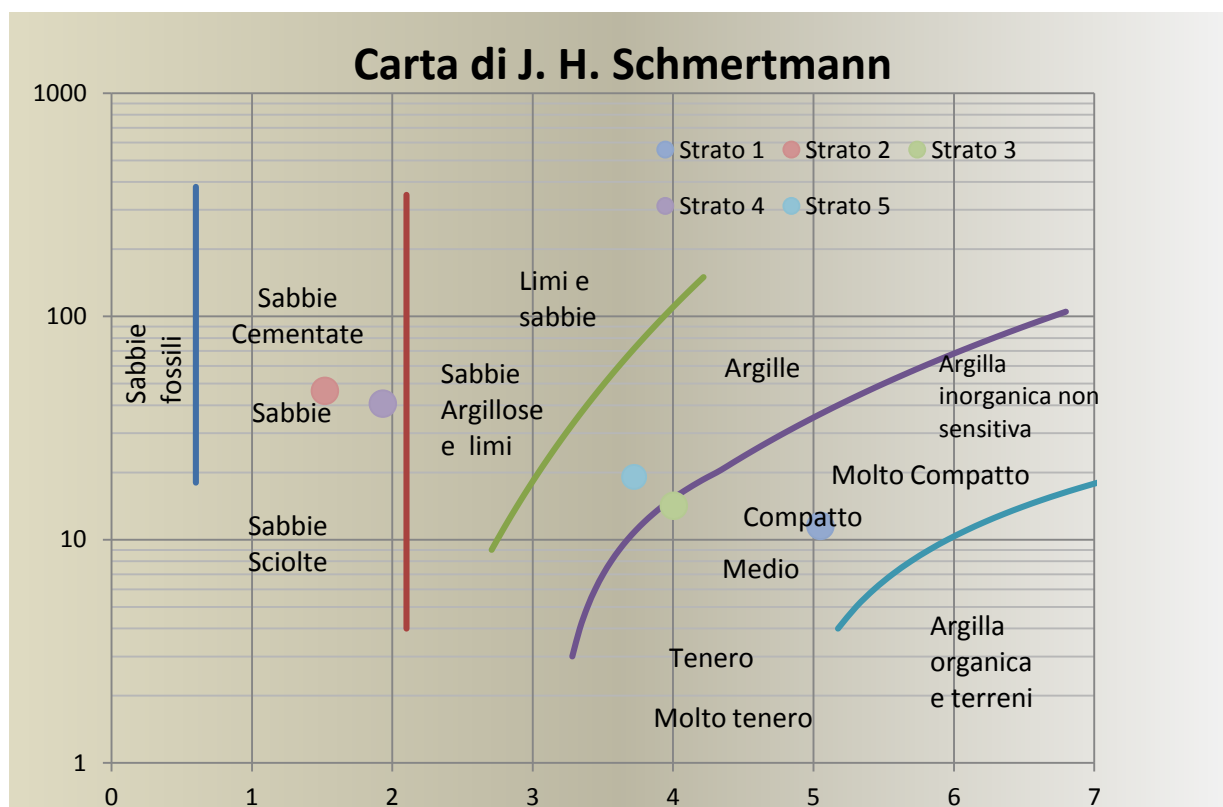
| Strato | Profondità [m] | Stratigrafia | Spessore [m] | ϕ [°] | n | c [kg/cm ²] | γ_n [kg/m ³] | γ_{sat} [kg/m ³] | q _c [kg/cm ²] | E [kg/cm ²] | v |
|--------|----------------|---------------------|--------------|------------|----|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------|
| P.C. | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 1,6 | Strato Superficiale | 1,6 | 32 | 10 | 0,00 | 1750 | 1850 | 24 | 72 | 0,29 |
| 2 | 4,2 | Argilla-limosa | 2,6 | 25 | 10 | 0,32 | 1650 | 1750 | 7 | 28 | 0,15 |
| 3 | 8,2 | Sabbia-limosa | 4 | 30 | 8 | 0,00 | 1770 | 1850 | 23 | 164 | 0,2 |
| 4 | 12,4 | Sabbia | 4,2 | 32 | 10 | 0,00 | 1800 | 1900 | 42 | 201 | 0,21 |
| 5 | 25 | Argilla-limosa | 12,6 | 25 | 8 | 0,54 | 1720 | 1800 | 14 | 84 | 0,1 |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 7 | 23 |

3.1.2 RISULTATI DELLA 2° CPT 13/05



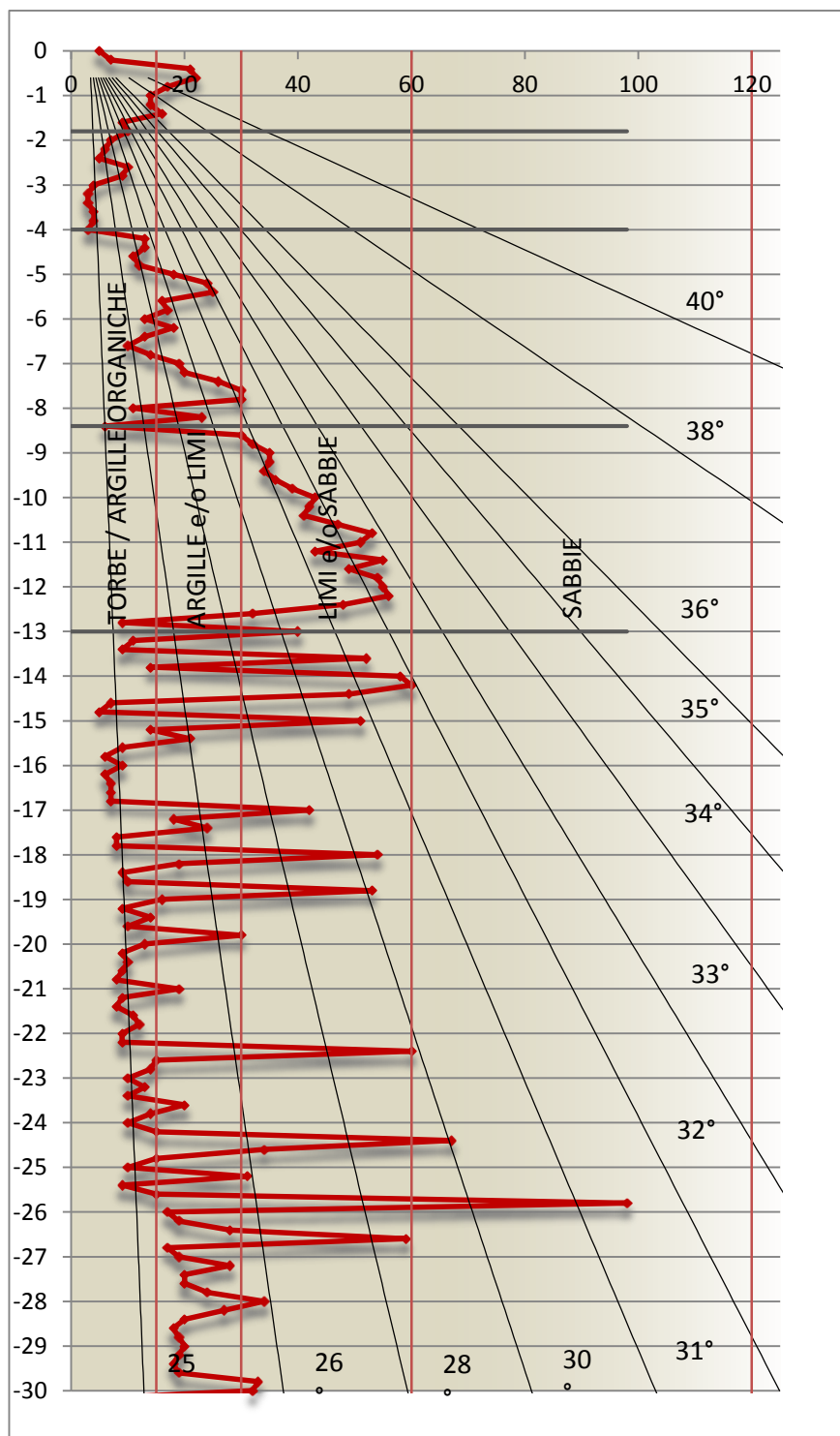
| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 8 | 23 |



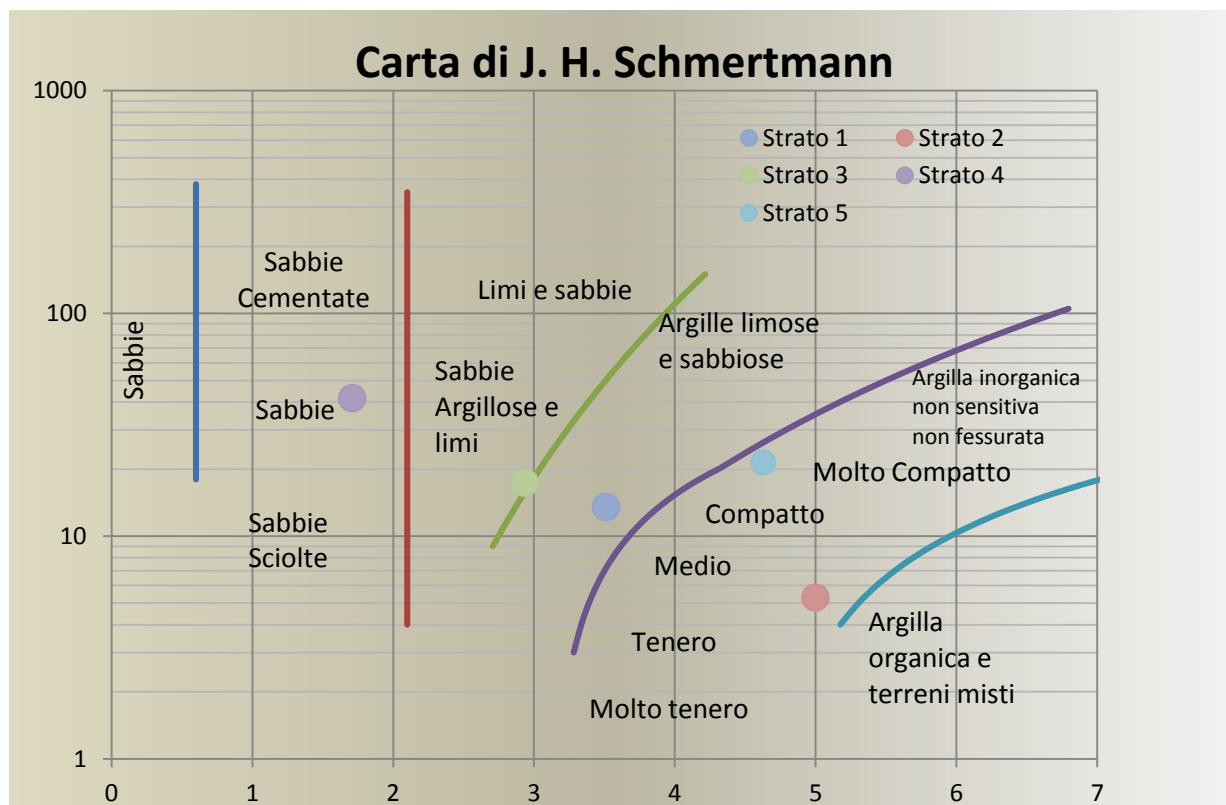
| Strato | Profondità [m] | Stratigrafia | Spessore [m] | ϕ [°] | n | c [kg/cm ²] | γ_n [kg/m ³] | γ_{sat} [kg/m ³] | q_c [kg/cm ²] | E [kg/cm ²] | v |
|--------|----------------|---------------------|--------------|------------|----|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------|
| P.C. | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | Strato Superficiale | 2 | 24 | 10 | 0,10 | 1700 | 1800 | 12 | 13 | 0,22 |
| 2 | 3,4 | Sabbia-limosa | 1,4 | 35 | 10 | 0,00 | 1800 | 1900 | 46 | 128 | 0,31 |
| 3 | 7,6 | Argilla-limosa | 4,2 | 30 | 8 | 0,66 | 1720 | 1800 | 14 | 39 | 0,17 |
| 4 | 13,2 | Sabbia | 5,6 | 32 | 10 | 0,00 | 1800 | 1900 | 41 | 203 | 0,2 |
| 5 | 32 | Argilla-limosa | 18,8 | 25 | 8 | 0,75 | 1720 | 1800 | 19 | 97 | 0,1 |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 9 | 23 |

3.1.3 RISULTATI DELLA 3° CPT 14/05



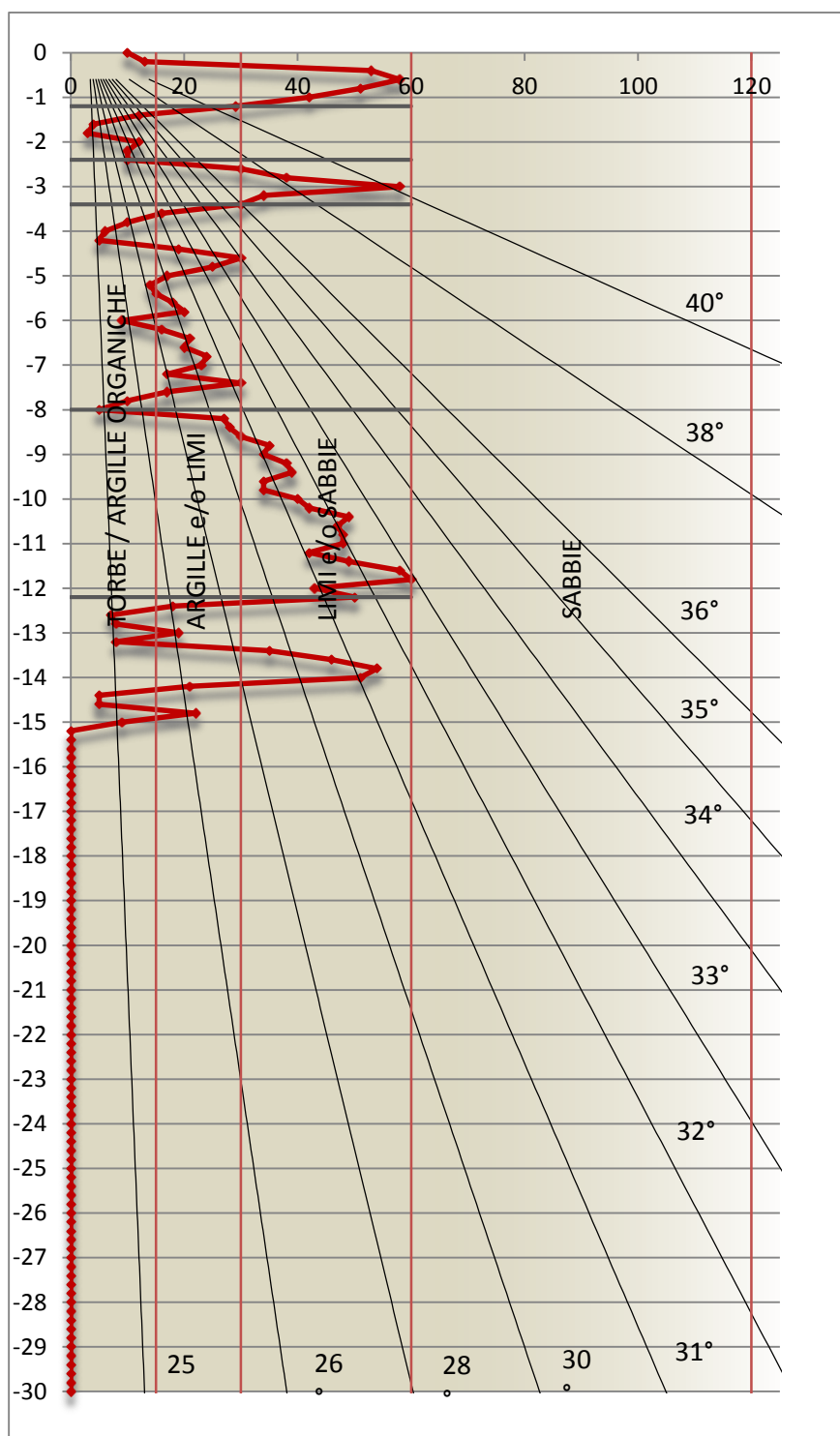
| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 10 | 23 |



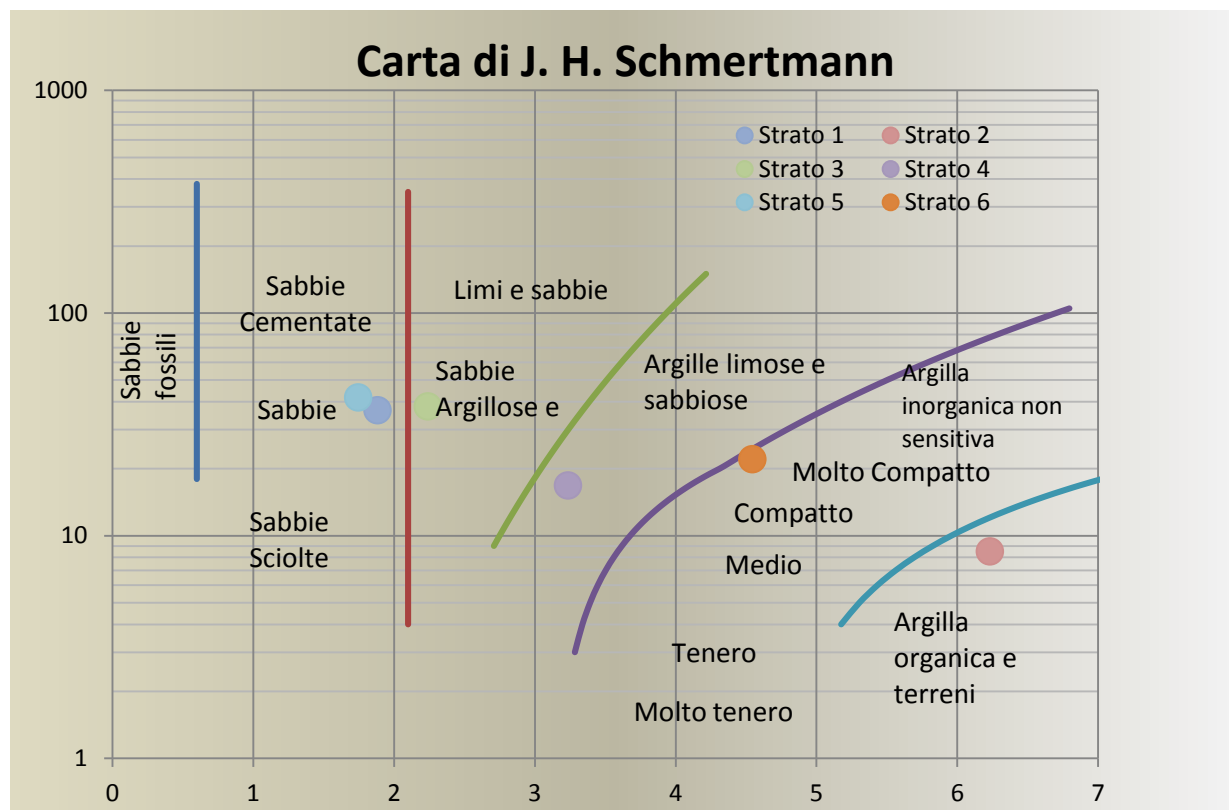
| Strato | Profondità [m] | Stratigrafia | Spessore [m] | ϕ [°] | n | c [kg/cm ²] | γ_n [kg/m ³] | γ_{sat} [kg/m ³] | q _c [kg/cm ²] | E [kg/cm ²] | v |
|--------|----------------|---------------------|--------------|------------|----|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------|
| P.C. | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 1,8 | Strato Superficiale | 1,8 | 30 | 10 | 0,00 | 1700 | 1800 | 14 | 76 | 0,25 |
| 2 | 4 | Argilla-limosa | 2,2 | 25 | 10 | 0,20 | 1650 | 1750 | 5 | 28 | 0,15 |
| 3 | 8,4 | Sabbia-limosa | 4,4 | 30 | 8 | 0,00 | 1720 | 1800 | 17 | 40 | 0,18 |
| 4 | 13 | Sabbia | 4,6 | 32 | 10 | 0,00 | 1800 | 1900 | 42 | 202 | 0,2 |
| 5 | 30 | Argilla-limosa | 17 | 25 | 8 | 0,87 | 1770 | 1850 | 21 | 93 | 0,1 |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 11 | 23 |

3.1.4 RISULTATI DELLA 4° CPT 15/05



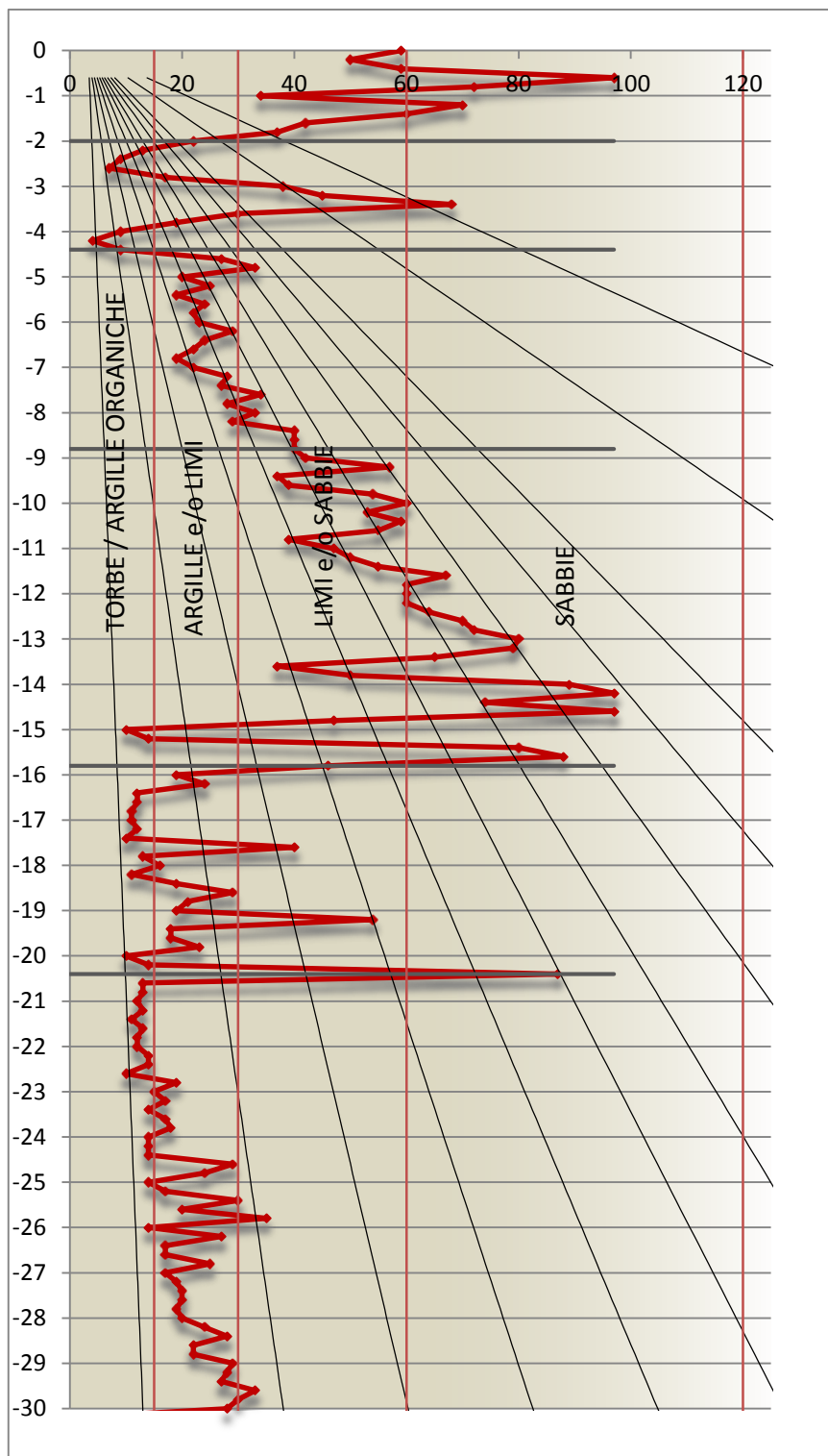
| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 12 | 23 |



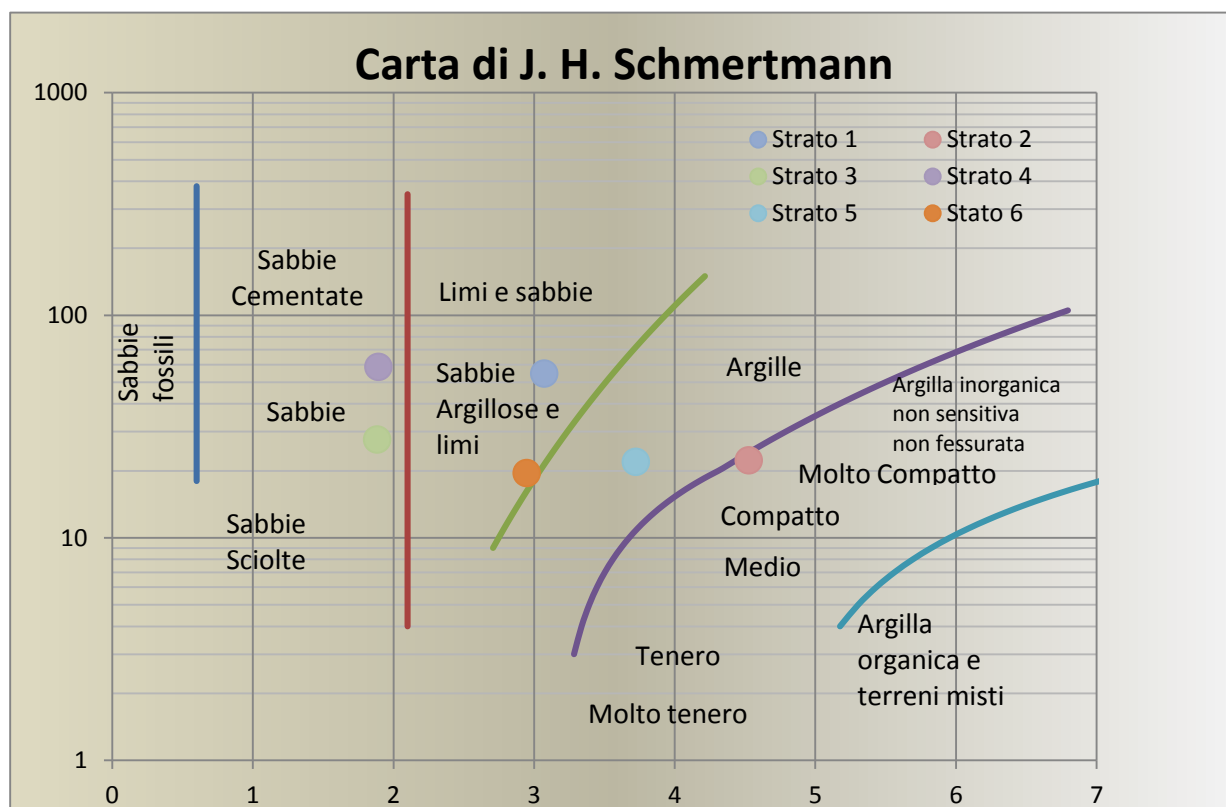
| Strato | Profondità [m] | Stratigrafia | Spessore [m] | ϕ [°] | n | c [kg/cm ²] | γ_n [kg/m ³] | γ_{sat} [kg/m ³] | q_c [kg/cm ²] | E [kg/cm ²] | ν |
|--------|----------------|---------------------|--------------|------------|----|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| P.C. | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 1,2 | Strato Superficiale | 1,2 | 35 | 10 | 0,00 | 1800 | 1900 | 37 | 64 | 0,31 |
| 2 | 2,4 | Argilla-limosa | 1,2 | 25 | 10 | 0,41 | 1700 | 1800 | 9 | 22 | 0,21 |
| 3 | 3,4 | Sabbia-limosa | 1 | 35 | 8 | 0,00 | 1820 | 1900 | 38 | 133 | 0,29 |
| 4 | 8 | Argilla-limosa | 4,6 | 30 | 10 | 0,50 | 1700 | 1800 | 17 | 40 | 0,18 |
| 5 | 12,2 | Sabbia | 4,2 | 32 | 8 | 0,00 | 1820 | 1900 | 42 | 200 | 0,21 |
| 6 | 15 | Argilla-limosa | 2,8 | 26 | 9 | 0,50 | 1760 | 1850 | 22 | 69 | 0,12 |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 13 | 23 |

3.1.5 RISULTATI DELLA 5° CPT 01/14



| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 14 | 23 |



| Strato | Profondità [m] | Stratigrafia | Spessore [m] | ϕ [°] | n | c [kg/cm²] | γ_n [kg/m³] | γ_{sat} [kg/m³] | q_c [kg/cm²] | E [kg/cm²] | v |
|--------|----------------|---------------------|--------------|------------|----|------------|--------------------|------------------------|----------------|------------|------|
| P.C. | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | Strato Superficiale | 2 | 35 | 10 | 0,00 | 1850 | 1950 | 45 | 83 | 0,34 |
| 2 | 4,4 | Argilla-limosa | 2,4 | 27 | 10 | 0,40 | 1700 | 1800 | 22 | 31 | 0,22 |
| 3 | 8,8 | Sabbia-limosa | 4,4 | 30 | 8 | 0,00 | 1820 | 1900 | 28 | 173 | 0,21 |
| 4 | 15,8 | Sabbia | 7 | 32 | 10 | 0,00 | 1750 | 1850 | 59 | 220 | 0,22 |
| 5 | 20,4 | Argilla-limosa | 4,6 | 25 | 8 | 0,90 | 1770 | 1850 | 22 | 85 | 0,11 |
| 6 | 30 | Argilla-limosa | 9,6 | 24 | 9 | 0,70 | 1710 | 1800 | 20 | 106 | 0,1 |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 15 | 23 |

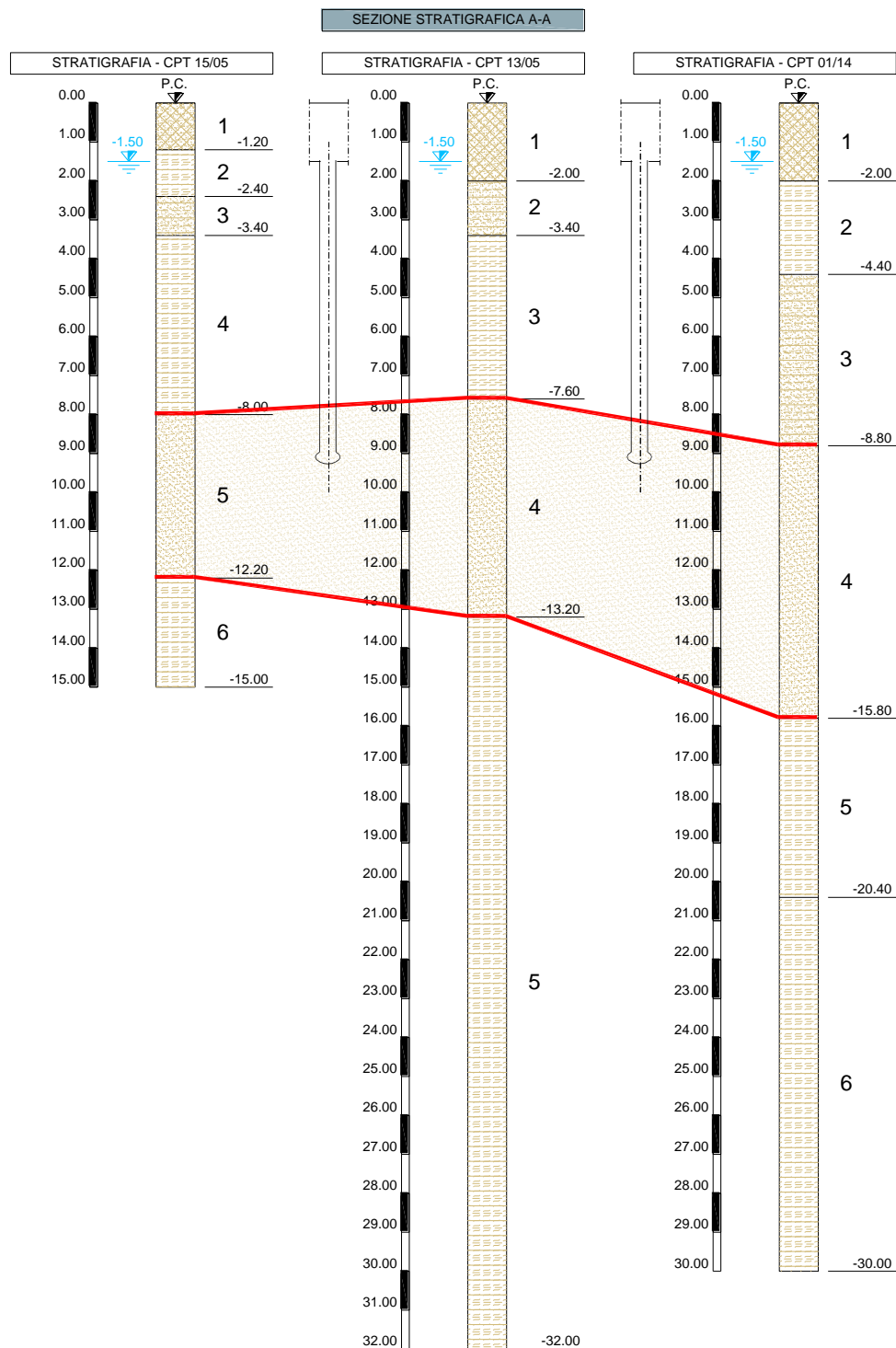


Figura 2 - Confronto lungo la Sezione Stratigrafica A-A

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 16 | 23 |

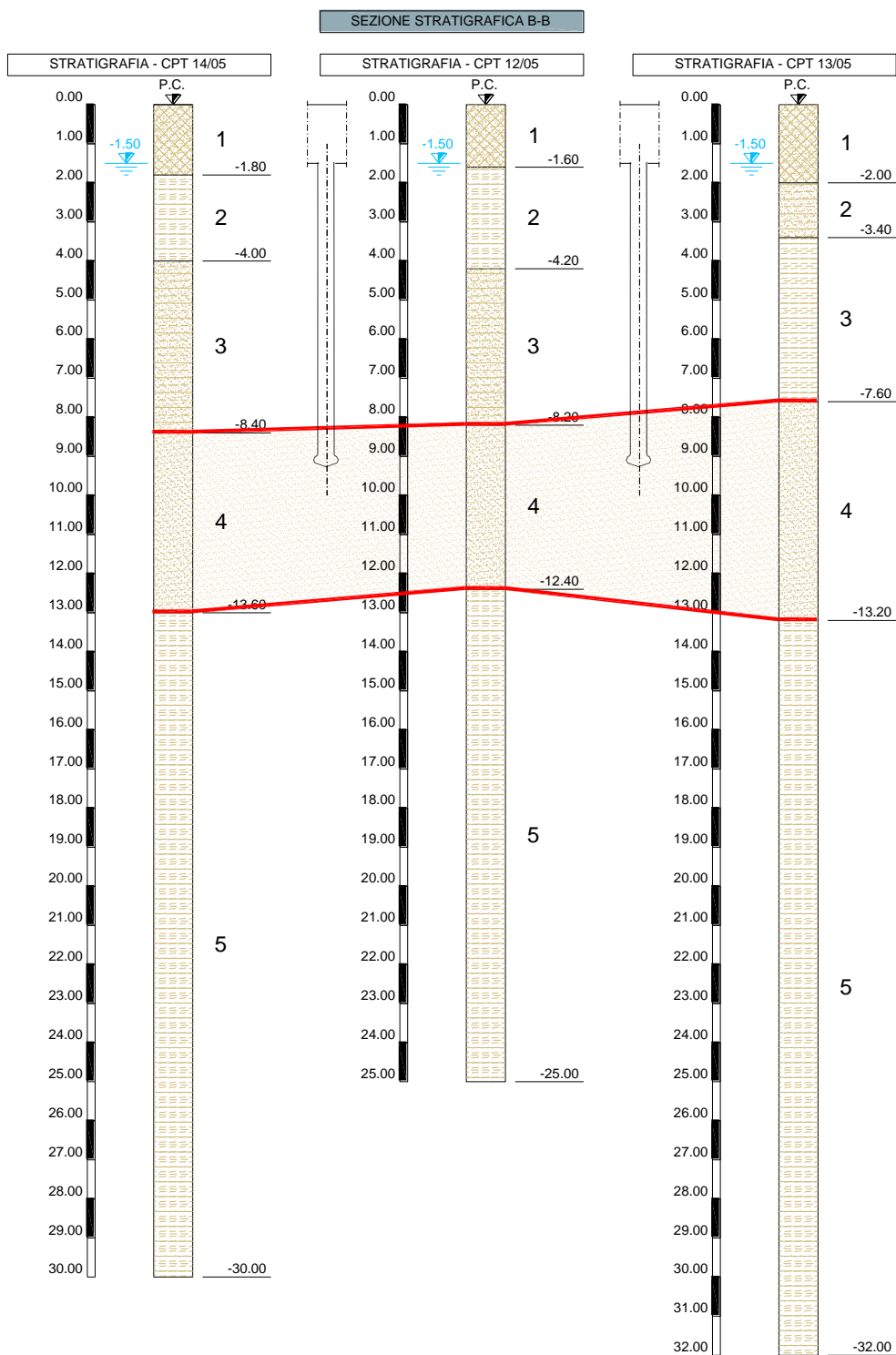


Figura 3 - Confronto lungo la Sezione Stratigrafica A-A

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 17 | 23 |

4 LIQUEFAZIONE DELLE TERRE

Per ogni singola verticale indagata è stata condotta una verifica sulla liquefazione al fine di verificare la possibilità di possibili fenomeni di liquefazione delle sabbie a seguito dell'azione ciclica causata da un sisma.

La verifica verrà condotta verificando per ogni singolo strato relativo alla verticale in esame il fattore di sicurezza, rapportando la Resistenza alla Liquefazione (CRR) e la Domanda sismica attesa (CSR):

$$FS = \frac{CRR}{CSR} > 1$$

Per il calcolo del raggio r_d definito come fattore di profondità, è stata utilizzata la teoria di Liao e Whitman (1986):

$$r_d = \begin{cases} 1 - 0,00765 \cdot z \rightarrow \text{per } z \leq 9,15 \text{ m} \\ 1,174 - 0,0267 \cdot z \rightarrow \text{per } 9,15 \leq z \leq 23 \text{ m} \end{cases}$$

Il calcolo del coefficiente di domanda sismica attesa è stato valutato secondo la teoria di Blake (1996) per l'espressione analitica delle resistenza ciclica alla liquefazione per un sisma di riferimento di magnitudo 7,5.

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 18 | 23 |

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 12-05

| | | | |
|----------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Carico applicato | q | 20000 | [kg/m ²] |
| Base | B | 3,5 | [m] |
| Lunghezza | L | 19 | [m] |
| Altezza Piano di posa | z ₀ | 0 | [m] |
| Peso Specifico Superficie | γ _{sup} | 1900 | [kg/m ³] |
| Altezza Falda | z _{falda} | 1 | [m] |
| Accelerazione di Progetto | a _{max} | 3,5 | [m/s ²] |
| Magnitudo di Progetto | M | 5,88 | |
| Quota sul livello del Mare | q _{slm} | 0 | [m] |

| STRATO | H [m] | Peso Specifcio [kg/m ³] | q _{cm} [kg/cm ²] | I _c | FC [%] | CRR | CSR | COEFF. | LIQUEFAZIONE |
|--------|----------|---|--|----------------|-----------|-------|-------|--------|--------------|
| 1 | 1,6 | 1850 | 24 | 2,3 | 30 | 0,192 | 0,230 | 0,000 | - |
| 2 | 2,6 | 1750 | 7 | 2,8 | 50 | 0,168 | 0,253 | 1,884 | NO |
| 3 | 4 | 1850 | 23 | 2,3 | 30 | 0,239 | 0,310 | 1,620 | NO |
| 4 | 4,2 | 1900 | 42 | 2,3 | 10 | 0,236 | 0,447 | 2,363 | NO |
| 5 | 12,6 | 1800 | 14 | 2,8 | 40 | 0,210 | 0,507 | 3,021 | NO |
| Totale | 25 | | | | | | | | |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 19 | 23 |

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 13-05

| | | | |
|----------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Carico applicato | q | 20000 | [kg/m ²] |
| Base | B | 3,5 | [m] |
| Lunghezza | L | 19 | [m] |
| Altezza Piano di posa | z ₀ | 0 | [m] |
| Peso Specifico Superficie | γ _{sup} | 1900 | [kg/m ³] |
| Altezza Falda | z _{falda} | 1 | [m] |
| Accelerazione di Progetto | a _{max} | 3,5 | [m/s ²] |
| Magnitudo di Progetto | M | 5,88 | |
| Quota sul livello del Mare | q _{slm} | 0 | [m] |

| STRATO | H [m] | Peso Specifcio [kg/m ³] | q _{cm} [kg/cm ²] | I _c | FC [%] | CRR | CSR | COEFF. | LIQUEFAZIONE |
|--------|----------|---|--|----------------|-----------|-------|-------|--------|--------------|
| 1 | 2 | 1800 | 12 | 2,8 | 50 | 0,176 | 0,230 | 1,633 | NO |
| 2 | 1,4 | 1900 | 46 | 2,3 | 10 | 0,176 | 0,250 | 1,774 | NO |
| 3 | 4,2 | 1800 | 14 | 2,8 | 30 | 0,215 | 0,297 | 1,733 | NO |
| 4 | 5,6 | 1900 | 41 | 2,3 | 10 | 0,216 | 0,447 | 2,592 | NO |
| 5 | 18,8 | 1800 | 19 | 2,8 | 40 | 0,223 | 0,516 | 2,896 | NO |
| Totale | 32 | | | | | | | | |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 20 | 23 |

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 14-05

| | | | |
|----------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Carico applicato | q | 20000 | [kg/m ²] |
| Base | B | 3,5 | [m] |
| Lunghezza | L | 19 | [m] |
| Altezza Piano di posa | z ₀ | 0 | [m] |
| Peso Specifico Superficie | γ _{sup} | 1900 | [kg/m ³] |
| Altezza Falda | z _{falda} | 1 | [m] |
| Accelerazione di Progetto | a _{max} | 3,5 | [m/s ²] |
| Magnitudo di Progetto | M | 5,88 | |
| Quota sul livello del Mare | q _{slm} | 0 | [m] |

| STRATO | H [m] | Peso Specifcio [kg/m ³] | q _{cm} [kg/cm ²] | I _c | FC [%] | CRR | CSR | COEFF. | LIQUEFAZIONE |
|--------|----------|---|--|----------------|-----------|-------|-------|--------|--------------|
| 1 | 1,8 | 1800 | 14 | 2,3 | 50 | 0,176 | 0,230 | 0,000 | - |
| 2 | 2,2 | 1750 | 5 | 2,8 | 30 | 0,151 | 0,254 | 2,093 | NO |
| 3 | 4,4 | 1800 | 17 | 2,3 | 30 | 0,216 | 0,311 | 1,797 | NO |
| 4 | 4,6 | 1900 | 42 | 2,8 | 10 | 0,279 | 0,455 | 2,040 | NO |
| 5 | 17 | 1850 | 21 | 2,3 | 40 | 0,224 | 0,512 | 2,857 | NO |
| Totale | 30 | | | | | | | | |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 21 | 23 |

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 15-05

| | | | |
|----------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Carico applicato | q | 20000 | [kg/m ²] |
| Base | B | 3,5 | [m] |
| Lunghezza | L | 19 | [m] |
| Altezza Piano di posa | z ₀ | 0 | [m] |
| Peso Specifico Superficie | γ _{sup} | 1900 | [kg/m ³] |
| Altezza Falda | z _{falda} | 1 | [m] |
| Accelerazione di Progetto | a _{max} | 3,5 | [m/s ²] |
| Magnitudo di Progetto | M | 5,88 | |
| Quota sul livello del Mare | q _{slm} | 0 | [m] |

| STRATO | H [m] | Peso Specifcio [kg/m ³] | q _{cm} [kg/cm ²] | I _c | FC [%] | CRR | CSR | COEFF. | LIQUEFAZIONE |
|--------|----------|---|--|----------------|-----------|-------|-------|--------|--------------|
| 1 | 1,2 | 1900 | 37 | 2,3 | 10 | 0,148 | 0,231 | 0,000 | - |
| 2 | 1,2 | 1700 | 9 | 2,8 | 40 | 0,178 | 0,238 | 1,674 | NO |
| 3 | 1 | 1900 | 38 | 2,3 | 20 | 0,229 | 0,253 | 1,383 | NO |
| 4 | 4,6 | 1800 | 17 | 2,8 | 30 | 0,238 | 0,301 | 1,581 | NO |
| 5 | 4,2 | 1900 | 42 | 2,3 | 10 | 0,237 | 0,444 | 2,343 | NO |
| 6 | 2,8 | 1850 | 22 | 2,8 | 50 | 0,263 | 0,479 | 2,276 | NO |
| Totale | 15 | | | | | | | | |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 22 | 23 |

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 1-14

| | | | |
|----------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Carico applicato | q | 20000 | [kg/m ²] |
| Base | B | 4 | [m] |
| Lunghezza | L | 11 | [m] |
| Altezza Piano di posa | z ₀ | 0 | [m] |
| Peso Specifico Superficie | γ _{sup} | 1900 | [kg/m ³] |
| Altezza Falda | z _{falda} | 1 | [m] |
| Accelerazione di Progetto | a _{max} | 3,5 | [m/s ²] |
| Magnitudo di Progetto | M | 5,88 | |
| Quota sul livello del Mare | q _{slm} | 0 | [m] |

| STRATO | H [m] | Peso Specifcio [kg/m ³] | q _{cm} [kg/cm ²] | I _c | FC [%] | CRR | CSR | COEFF. | LIQUEFAZIONE |
|--------|----------|---|--|----------------|-----------|-------|-------|--------|--------------|
| 1 | 2 | 1950 | 45 | 2,3 | 30 | 0,259 | 0,230 | 1,112 | NO |
| 2 | 2,4 | 1800 | 22 | 2,8 | 40 | 0,258 | 0,256 | 1,241 | NO |
| 3 | 4,4 | 1900 | 28 | 2,8 | 10 | 0,200 | 0,314 | 1,960 | NO |
| 4 | 7 | 1850 | 59 | 2 | 10 | 0,270 | 0,470 | 2,173 | NO |
| 5 | 4,6 | 1850 | 22 | 2,8 | 40 | 0,251 | 0,502 | 2,500 | NO |
| 6 | 9,6 | 1800 | 20 | 2,8 | 30 | 0,225 | 0,515 | 2,863 | NO |
| Totale | 30 | | | | | | | | |

| Data | Commessa | Pag. | Pag. Tot. |
|------------|--|------|-----------|
| 15/12/2014 | CO-14-014_STR-REL-02_r00_RELAZIONE GEOTECNICA_1 di 2 | 23 | 23 |

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
Porto Intermodale Ravenna spa

INDAGINI GEOGNOSTICHE SUL TERRENO DI
FONDAZIONE DI UN PONTE DA RISTRUTTURARE
SITO NELLA ZONA PORTUALE DI RAVENNA

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

Cesena, Settembre 2014

1. PREMESSA

Su incarico della Società SAPIR si è eseguita un'indagine geognostica sul terreno di fondazione del ponte di Via Classicana che sovrappassa la Via Darsena San Vitale. Nella presente relazione, dopo un inquadramento geologico del sito, si descrivono le indagini fatte e la stratigrafia del terreno che ne risulta. Si fornisce una schematizzazione geotecnica del terreno di fondazione e si fanno valutazioni di primo orientamento circa le opere di fondazione previste. Si caratterizza infine il sito in esame per quanto riguarda gli aspetti sismici.

Quanto riportato in questo documento costituisce un inquadramento della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni del sito in esame, nonché degli aspetti sismici, quali risultano dalle indagini eseguite, rimanendo comunque nella responsabilità del Progettista l'assunzione della stratigrafia e dei parametri geotecnica di progetto che egli riterrà più opportuni in relazione al tipo di manufatto da realizzare ed alla normativa vigente.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL SITO

Il ponte interessato dall'intervento è situato nella zona del Porto san Vitale, in posizione intermedia fra questo e la Pialassa del Piombone (Tavola I).

La zona di Ravenna è caratterizzata dalla presenza di cordoni sabbiosi affioranti o sub-affioranti, i quali 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, la quale, nella fase di massima avanzata del mare (circa 5000 anni fa), aveva portato la linea di costa lungo la direttrice Fosso Ghiaia-Madonna dell'Albero-Fornace Zarattini-Alfonsine. In posizione intermedia ai 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.

Più ad Oriente vi è il cordone sabbioso delle Bassette, che, con andamento arcuato, si dirige a Nord verso la località di Casalborgorsetti. 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 di San Vitale e Classe la base del banco di sabbia è in genere a 12-15 metri di profondità.

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 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 sub-affiorante, corrispondenti a dune dell'antico delta triangolare dei Fiumi Uniti, che fino a metà circa del '700 sfociavano a Punta Marina.

Il sito in esame è situato sul lato mare del cordone sabbioso della Pineta di San Vitale, dove il banco sabbioso superficiale è coperto da modesti spessori di depositi lagunari e palustri. Nella zona è in genere presente uno strato sabbioso di riporto di 1-2 metri di spessore che copre i depositi naturali.

L'area in esame è quindi caratterizzata dalla presenza, fino ad alcuni metri di profondità, di strati argilloso-limosi molli alternati a strati sabbiosi. Segue poi, fino a circa 15 metri di profondità, un banco prevalentemente sabbioso (depositi costieri di spiaggia e duna e di mare basso), a cui possono intercalarsi livelli limoso-argillosi molli. Al banco sabbioso segue un potente banco di terreno argilloso-limoso, circa normalconsolidato, con intercalate lenti di sabbia limosa più o meno abbondanti. Questo banco di terreni molli rappresenta i depositi di ambiente marino corrispondenti alla fase di maggiore avanzata del mare durante l'ingressione olocenica, quando la linea di costa era molto più ad occidente del sito in esame.

I depositi olocenici poggiano, a circa 27 metri di profondità, su alluvioni pleistoceniche prevalentemente argilloso-limose e più o meno sovraconsolidate.

Il livello della falda freatica è superficiale ed è generalmente a profondità compresa fra 1 e 2 metri dal piano campagna.

3. INDAGINI IN SITO

Il terreno è stato esplorato mediante una prova penetrometrica statica (CPT.1/14) spinta a 30 metri di profondità ed ubicata come indicato in tavola II. Si riporta inoltre il diagramma di una prova eseguita nel 2005 (CPT.2/05) a poca distanza dal ponte, nella zona poi occupata da Centro Direzionale.

Accanto alla CPT.1/14 si è eseguita un'indagine di sismica passiva mediante tromografo digitale "Tromino" per la determinazione del Vs30 e per l'individuazione di effetti di risonanza legati al bedrock sismico. I risultati di questa indagine sono riportati in calce alla relazione.

4. STRATIGRAFIA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Fino alla profondità di 2 metri è presente terreno in prevalenza sabbioso, almeno in parte di riporto.

Seguono, fino a m 4.50 circa, due strati limoso-argillosi sottili, molli e molto molli, separati da una lente di sabbia di circa 1 metro di spessore.

Da m 4.50 circa a m 8 è presente terreno limoso-sabbioso sciolto con lenti sottili di limo nella CPT.2/05.

Segue, fino a 13-14 metri, uno strato di sabbia fine, relativamente omogeneo, di densità mediamente crescente con la profondità (normalconsolidato).

Da 13-14 metri a 16 metri è presente un'alternanza di strati limoso-argillosi molli e di strati di sabbia.

Segue fino a 27 metri circa terreno limoso-argilloso da molle in alto a mediamente consistente in basso, con molte intercalazioni limoso-sabbiose, generalmente sottili.

Da 27 a 32 metri prevale terreno argilloso-limoso, moderatamente sovraconsolidato, di consistenza da compatta a molto compatta (alluvioni pleistoceniche).

Alcune prove penetrometriche eseguite in passato e spinte a 45 metri di profondità hanno attraversato, fino alla massima profondità raggiunta, terreno argilloso-limoso compatto e molto compatto con solo qualche modesta intercalazione sabbioso-limosa.

5. ORIENTAMENTI GEOTECNICI

In Tavola IV si sono riportati cumulativamente i diagrammi delle CPT 1/14 e 2/05, corredati di stratigrafia media e schematizzazione geotecnica. I parametri geotecnici indicati tengono conto delle condizioni meno favorevoli e possono essere assunti come valori caratteristici.

Il progetto prevede la demolizione dell'attuale impalcato e la sua sostituzione con una struttura metallica. E' prevista la costruzione di una pila intermedia fondata su pali tipo Franki.

Sulle spalle esistenti graverà un carico molto più ridotto di quello attuale, sia perché la struttura metallica pesa meno di quella in cemento armato, sia perché verrà realizzata una pila centrale attualmente assente. Per quanto riguarda quindi la stabilità delle fondazioni delle spalle non esistono problemi e non è necessaria alcuna verifica.

A titolo di primo orientamento si è fatta una valutazione di portata di eventuali pali tipo Franki, per i quali si è considerata una profondità di 10 metri dal piano strada più il bulbo di base.

La resistenza laterale unitaria è stata valutata sia sulla base dei dati penetrometrici, sia sulla base della relazione: $f = K \times P'v \times \text{tg}(0.75\phi)$

dove:

K = coefficiente di spinta orizzontale del terreno

P'v = pressione litostatica efficace

ϕ = angolo di attrito del terreno incoerente

La portata di base è stata valutata trasferendo al palo, con un coefficiente di sicurezza $F=3$, la resistenza alla punta misurata col penetrometro, tenuto conto delle diverse dimensioni e dell'incastro nello strato portante.

Con la procedura tradizionale si sono ottenute le seguenti portate:

$P_t = P_l + P_b = 13 + 32 = 45$ t per un palo eseguito con tubo forma da 420 mm

$P_t = P_l + P_b = 17 + 53 = 70$ t per un palo eseguito con tubo forma da 540 mm

Con le procedure previste dalle NTC-2008 si è ottenuto:

Approccio 2:

$P_t = P_l + P_b = 18 + 51 = 69$ t per un palo eseguito con tubo forma da 420 mm

$P_t = P_l + P_b = 23 + 84 = 107$ t per un palo eseguito con tubo forma da 540 mm

In questo caso i carichi permanenti strutturali vanno moltiplicati per 1.3, mentre quelli permanenti non strutturali e quelli variabili vanno moltiplicati per 1.5.

Approccio 1, Combinazione 2:

$P_t = P_l + P_b = 14 + 41 = 55$ t per un palo eseguito con tubo forma da 420 mm

$P_t = P_l + P_b = 18 + 67 = 85$ t per un palo eseguito con tubo forma da 540 mm

In questo caso i carichi permanenti non strutturali e quelli variabili vanno moltiplicati per 1.3.

Considerate le limitate differenze fra le due prove di riferimento, si è evitato di fare una valutazione per ogni prova, ritenendo che il valore medio e quello minimo sarebbero risultati simili. Si è quindi fatta una valutazione unica basata sulla schematizzazione geotecnica di Tavola IV, considerandola come valore medio coincidente con quello minimo.

La resistenza di pali tipo Franki poggianti su sabbia viene mobilizzata per cedimenti molto contenuti che possono considerarsi trascurabili.

6. ASPETTI SISMICI

Il Comune di Ravenna è classificato Zona Sismica 3.

Dalle tavole allegate alle NTC-2008 si ricavano, per un manufatto di Classe III, i seguenti parametri di pericolosità sismica:

| Stato Limite | Tr(anni) | a/g | Fo | T*c (sec) |
|-------------------------|----------|-------|-------|-----------|
| Salvaguardia della Vita | 712 | 0.176 | 2.575 | 0.280 |
| Prevenzione Collasso | 1462 | 0.233 | 2.521 | 0.286 |

Una valutazione del Vs30 fatta sulla base delle prove penetrometriche, considerando le correlazioni di Vs con cu ed Nspt deducibili dalla normativa, ha fornito i seguenti risultati:

Vs30 = 171 m/s sulla base della CPT.1/14

Vs30 = 154 m/s sulla base della CPT.1/05

L'indagine di sismica passiva ha fornito:

Vs30 = 170 m/sec da m 0 a m 30

Il terreno di fondazione del sito in esame 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).>>

Il Coefficiente di amplificazione stratigrafica risulta Ss=1.720 per la verifica SLV ed Ss=1.519 per la verifica SLC, mentre il Coefficiente di amplificazione topografica è St=1 essendo il sito pianeggiante.

L'accelerazione massima risulta quindi:

amax = 0.176 x 1.720 x 1 = 0.303 g per la verifica SLV

amax = 0.233 x 1.519 x 1 = 0.354 g per la verifica SLC

La verifica del potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi è stata fatta sulla base delle due prove penetrometriche considerando FC=15%, in quanto le sabbie del sito sono sempre molto fini con FC generalmente superiore al 15%. I valori di Nspt sono stati dedotti dalla qc mediante note correlazioni.

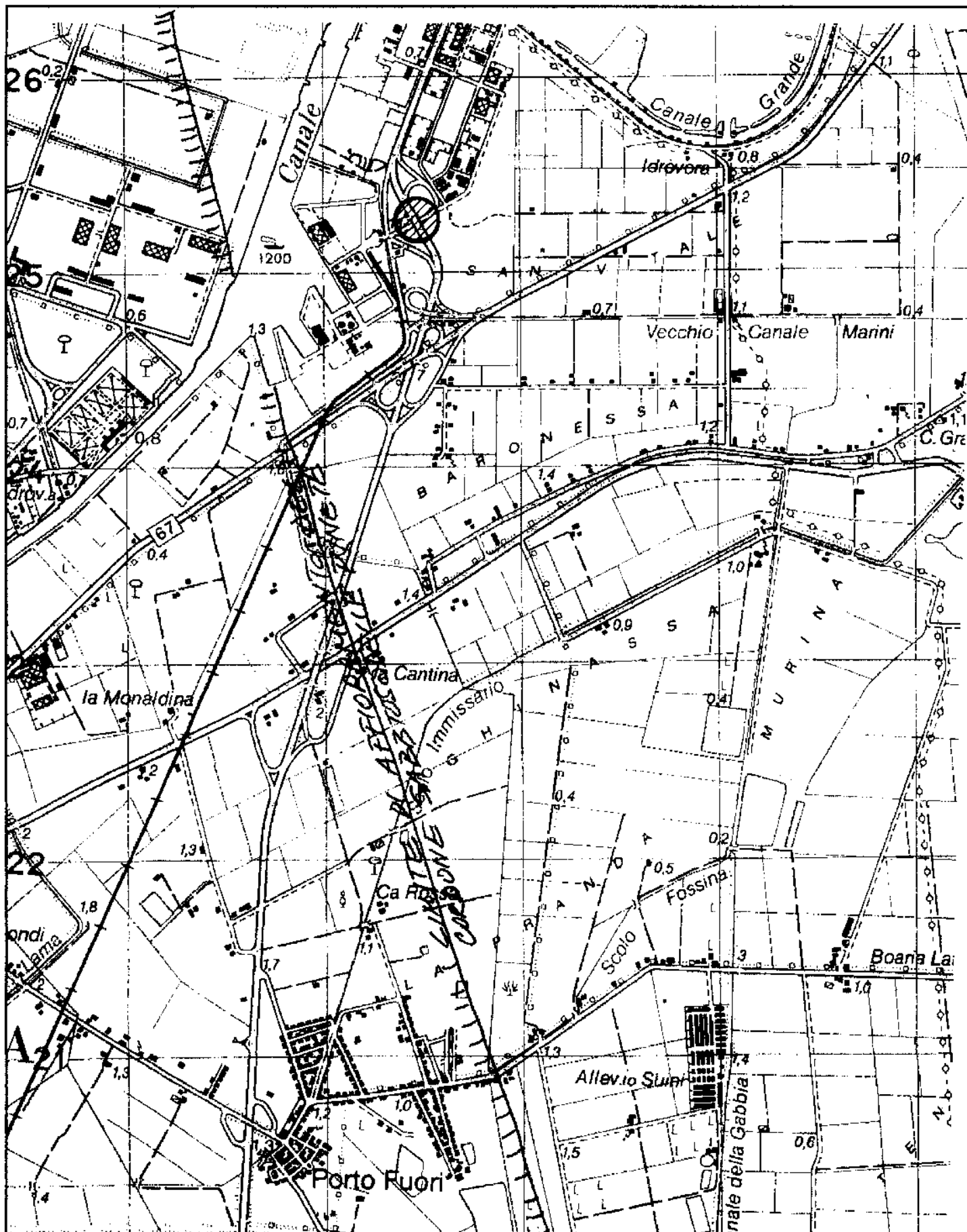
Nessuno degli strati esaminati è risultato liquefacibile, anche se gli strati di sabbia limosa fra m 4.40 e m 7.00 sono al limite del campo dei terreni liquefacibili. Il pericolo di liquefazione è comunque da considerarsi basso.

Nelle Tavole X-1 e X-2 si è riportato, rispettivamente per le verifiche SLV ed SLC, lo Spettro di risposta elastico ricavato, per un manufatto di Classe III, sulla base delle indicazioni riportate nelle NTC-2008,

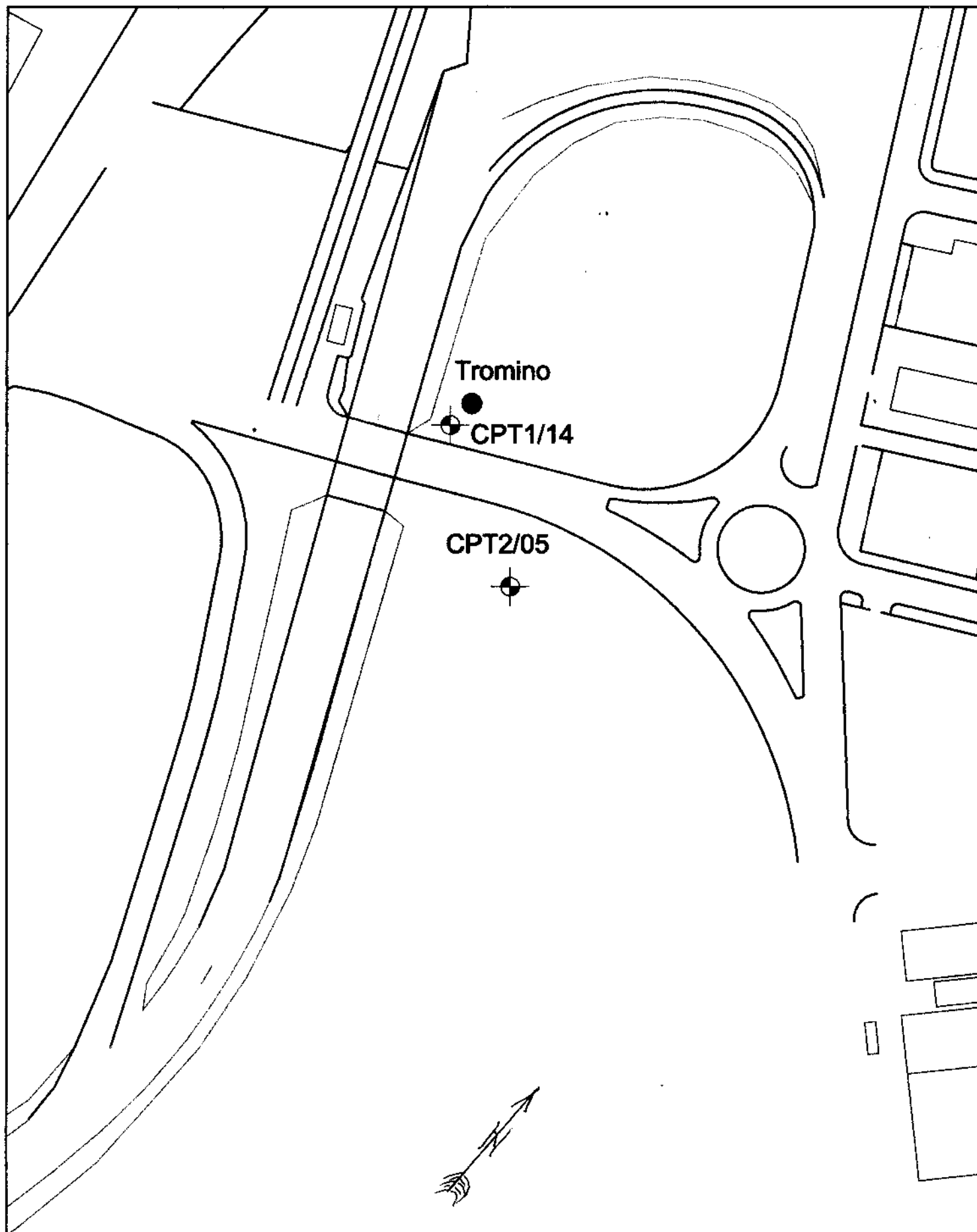
Si è quindi fatta una valutazione dello spettro di risposta mediante il Codice EERA utilizzando i tre accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Ravenna. I dati ed i risultati di questa analisi sono riportati in calce alla relazione.

Lo spettro di risposta medio ottenuto con EERA è messo a confronto con quelli dedotti secondo le NTC-2008 per Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e per Stato Limite di Prevenzione Collasso (SLC). Rispetto a quello dedotto secondo le NTC-2008 (metodo semplificato) per un suolo di categoria "D", l'analisi con EERA fornisce valori massimi di accelerazione un poco più elevati rispetto alla verifica SLV e circa coincidenti con quelli della verifica SLC.

I massimi ottenuti con EERA sono però limitati ad un intervallo del periodo più spostato verso valori bassi ed in un intervallo più ristretto rispetto al tratto con valore massimo ottenuto col metodo semplificato previsto dalle NTC-2008. I valori massimi dell'analisi con EERA risultano compresi nell'intervallo da 0.10 a 0.40 sec, mentre il tratto con accelerazione massima costante dedotto con la procedura NTC-2008 si estende all'intervallo da 0.22 a 0.67 sec.



Corografia con ubicazione del sito di intervento
Scala 1/25.000



Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche
Scala 1/2000

Committente **SAPIR**
 Lavoro **Ponte Via Classicana**
 Localita' **Ravenna**
 Attrezzo **Paganì 20 t.**

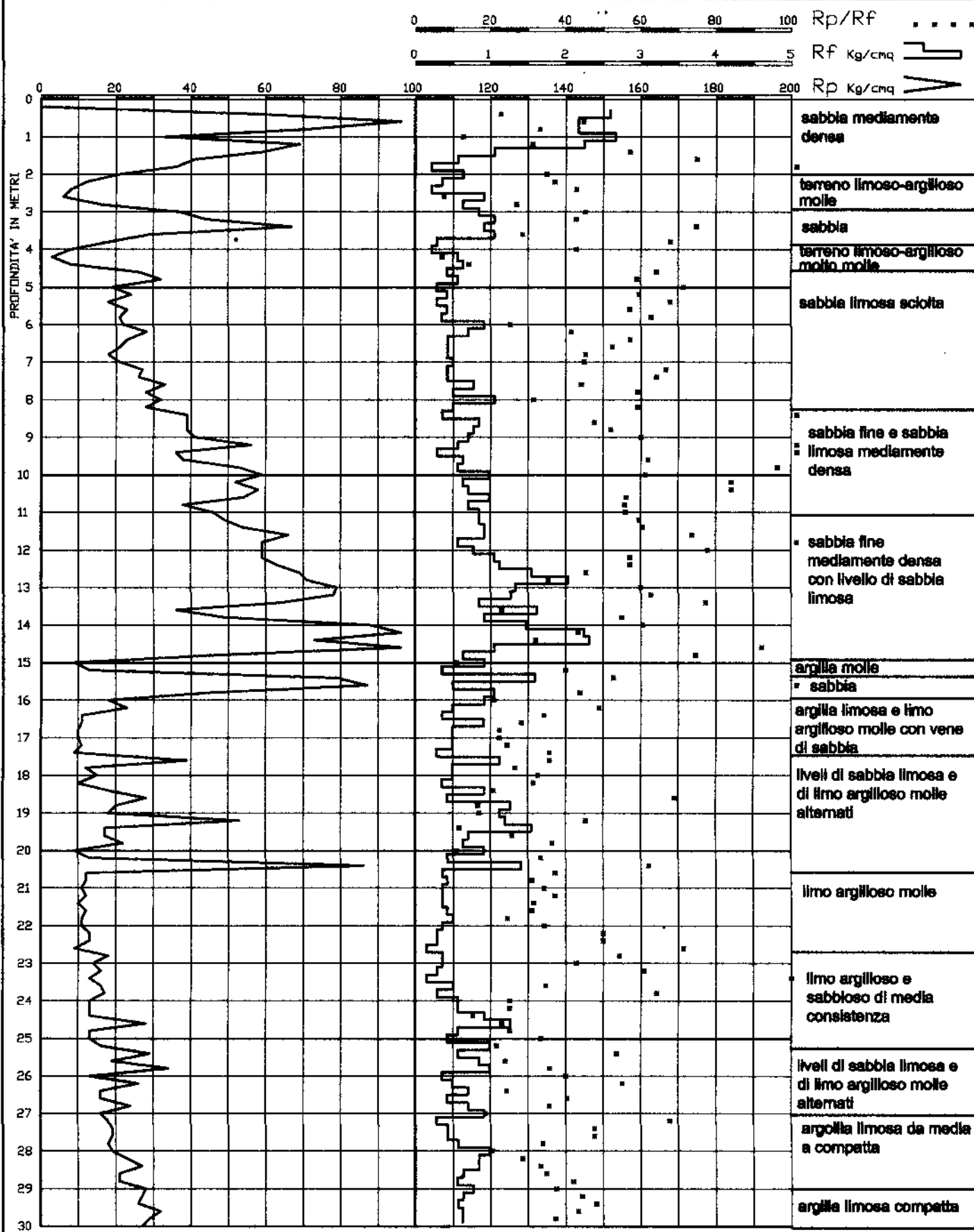
Data **15/09/14**

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

PROVA STATICA N. **1/14**

QUOTA **p.c.**

LIV. ACQUA **1**



Committente **SAPIR**
 Lavoro **NUOVO CENTRO DIREZIONALE**
 Localita' **PORTO S. VITALE (Ra)**
 Attrezzo **Pagani 20 t.**

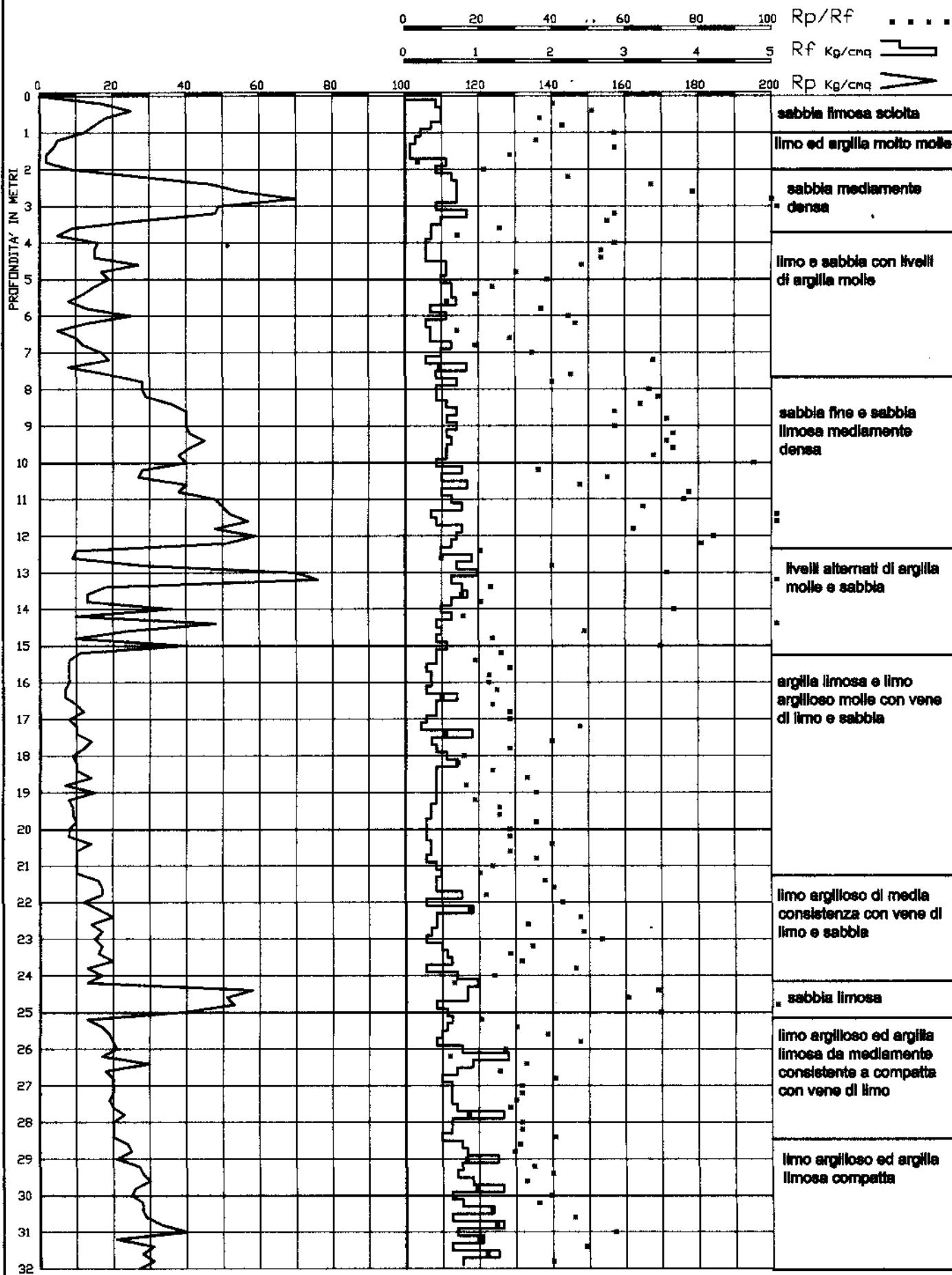
Data **29/11/05**

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Padre Genocchi, 222
 Tel.0547-27682 - Fax.0547-21129

PROVA STATICA N. 2/05

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA :



Committente **SAPIR**
 Lavoro **NUOVO CENTRO DIREZIONALE**
 Località **PORTO S. VITALE (Ra)**
 Attrezzo **Pagani 20 t.** Data **29/11/05**

QUOTA p.c.

Dr. ANGELO ANGELI
 geologo
 Cesena, via Padre Genocchi, 222
 Tel.0547-27602 e Fax.0547-21123

Diagramma cumulativo delle CPT1/14 e 2/05 con stratigrafia media e schematizzazione geotecnica

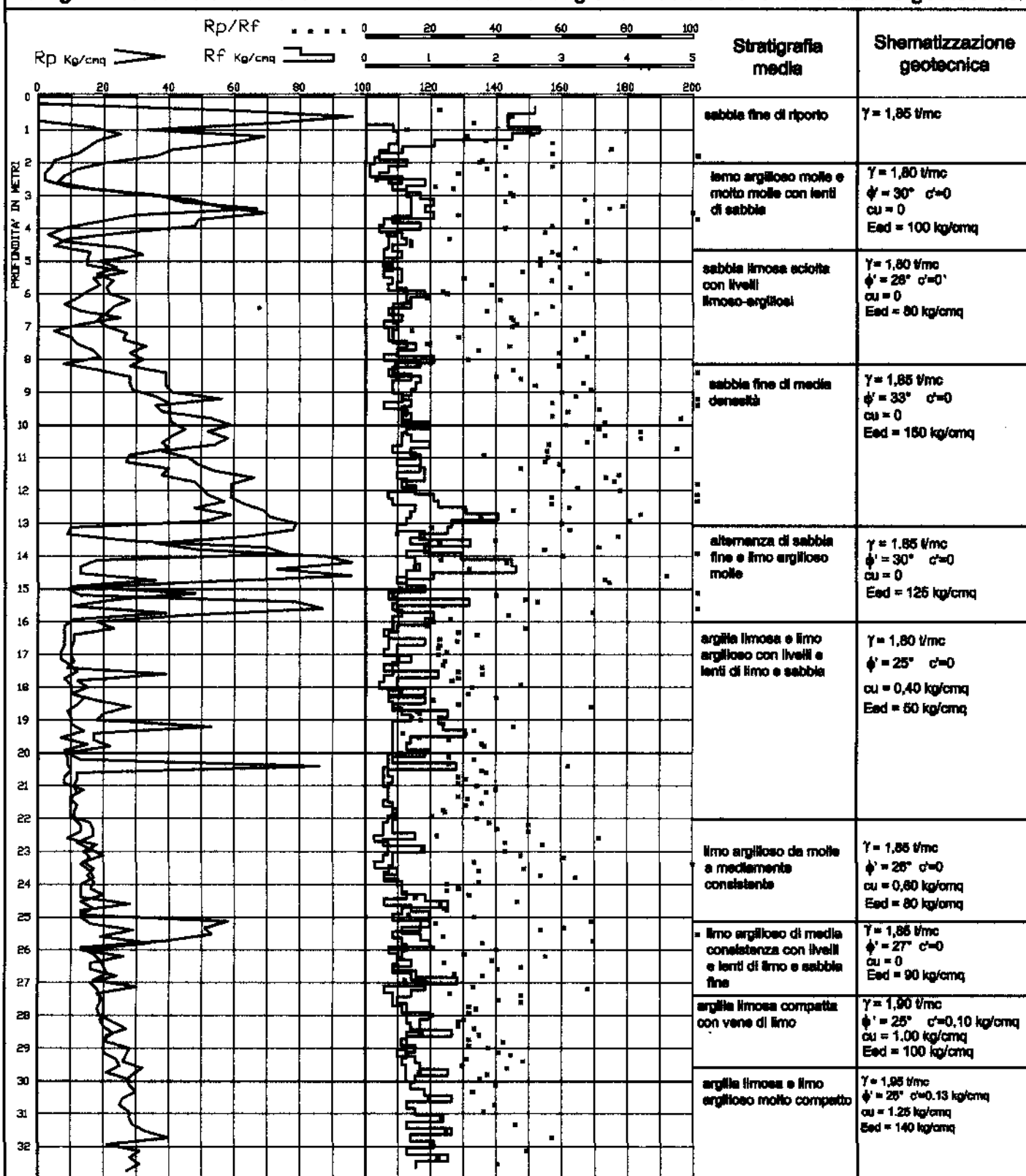
 γ = densità naturale $c_u = c_u$ = coesione non drenata o resistenza iniziale al taglio $\phi = \phi$ = c' = angolo di attrito e coesione in condizioni drenate E_{ed} = modulo edometrico

TAVOLA V-1

| | | | | | | | |
|---|-------|------|------|--|----------------------------------|--------------------|---|
| Studio Geologia Tecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena, via Padre Genocchi n.222 | | | | | | | |
| Lavoro: Ravenna - Porto San Vitale - Ponte Classicana | | | | | | | |
| CALCOLO DELLA PORTATA DI PALI Tipo FRANKI | | | | | | | |
| Pu = Pb + Pl - W | | | | | | | |
| Pu = portata utile | | | | Prof. riferite alla superficie attuale del terreno | | | |
| Pb = portata di base | | | | Profondità testa palo: | | 2.00 | m |
| Pl = portata laterale | | | | Profondità base palo | | 10.00 | m |
| W = peso proprio del palo immerso | | | | Profondità della falda: | | 2.00 | m |
| rl = resistenza laterale unitaria; rl = f nelle sabbie; rl = ca nelle argille | | | | | | | |
| Portata laterale | | | | | P'vo=Press. litostatica efficace | | |
| Starto | | h | rl | h x rl | γ' | $\gamma' \times h$ | |
| da m | a m | m | t/mq | | t/mc | t/mq | |
| 0.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 1.85 | 3.70 | |
| 2.00 | 4.50 | 2.50 | 2.00 | 5.00 | 0.85 | 2.13 | |
| 4.50 | 8.00 | 3.50 | 3.00 | 10.50 | 0.85 | 2.98 | |
| 8.00 | 10.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 0.85 | 1.70 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.054727682

Lavoro: Porto San Vitale - Ponte Classicana

Portata dei pali secondo le NTC-2008**Le portate limite (laterale e di base) vanno calcolate con i metodi tradizionali per ogni verticale indagata.****Se i risultati delle varie verticali indagate sono simili, si può fare il calcolo sulla base di un profilo medio ed assumere i valori calcolati come media.****Palo tipo Franki con base a 10 metro + il bulbo - diametro 420 mm**Verticali indagate: **2**

Tabella 6.4.IV

| n.verticali | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| ξ_3 | 1.70 | 1.65 | 1.60 | 1.55 | 1.50 | 1.45 | 1.40 |
| ξ_4 | 1.70 | 1.55 | 1.48 | 1.42 | 1.34 | 1.28 | 1.21 |

| Valore da usare |
|-----------------|
| 1.65 |
| 1.55 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|-----------|---|-----------|---|------------|----|----------------|-------------|
| P.lim.media: | PI + Pb = | 34 | + | 97 | = | 131 | t. | media ridotta | 79.4 |
| P.lim.minima: | PI + Pb = | 34 | + | 97 | = | 131 | t. | minima ridotta | 84.5 |

Coefficiente riduttivo da utilizzare: 1.65

$$R_{ck} = 20.6 + 58.8 = 79.4 \text{ t}$$

Tabella 6.4.II

| Resistenza | simbolo | Pali infissi | | | Pali trivellati | | | Pali ad elica continua | | |
|------------|------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
| | γ_R | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |
| base | γ_b | 1.00 | 1.45 | 1.15 | 1.00 | 1.70 | 1.35 | 1.00 | 1.60 | 1.30 |
| laterale | γ_s | 1.00 | 1.45 | 1.15 | 1.00 | 1.45 | 1.15 | 1.00 | 1.45 | 1.15 |

| | | |
|------|-----------------------------|--------------------------------|
| Tipo | 1 = palo infisso | |
| di | 2 = palo trivellato | Immetti tipo di palo: 1 |
| palo | 3 = palo con elica continua | |

Tipo di Palo: infisso

Valori da usare:

| | | | | | | |
|--------------|-------------|--------------|-------------|---|-------------|------------------|
| $\gamma_b =$ | 1.15 | Approccio 2: | | | R3 | |
| $\gamma_s =$ | 1.15 | Rd = | 17.9 | + | 51.1 | = 69.0 t. |

I carichi permanenti strutturali vanno moltiplicati per 1.3, mentre quelli permanenti non strutturali e quelli variabili vanno moltiplicati per 1.5

Valori da usare:

| | | | | | | |
|--------------|-------------|-----------------------------|-------------|---|-------------|------------------|
| $\gamma_b =$ | 1.45 | Approccio 1, Combinazione2: | | | R2 | |
| $\gamma_s =$ | 1.45 | Rd = | 14.2 | + | 40.5 | = 54.8 t. |

I carichi permanenti non strutturali e quelli variabili vanno moltiplicati per 1.3.

Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Don G. Dossetti n.28 - tel.054727682

Lavoro: Porto San Vitale - Ponte Classicana

Portata dei pali secondo le NTC-2008

Le portate limite (laterale e di base) vanno calcolate con i metodi tradizionali per ogni verticale indagata.

Se i risultati delle varie verticali indagate sono simili, si può fare il calcolo sulla base di un profilo medio ed assumere i valori calcolati come media.

Palo tipo Franki con base a 10 metro + il bulbo - diametro 540 mm

Verticali indagate:

2

Tabella 6.4.IV

| n.verticali | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| ξ_3 | 1.70 | 1.65 | 1.60 | 1.55 | 1.50 | 1.45 | 1.40 |
| ξ_4 | 1.70 | 1.55 | 1.48 | 1.42 | 1.34 | 1.28 | 1.21 |

| Valore da usare |
|-----------------|
| 1.65 |
| 1.55 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----|---|-----|---|-----|----|----------------|-------|
| P.lim.media: | PI + Pb = | 43 | + | 160 | = | 203 | t. | media ridotta | 123.0 |
| P.lim.minima: | PI + Pb = | 43 | + | 160 | = | 203 | t. | minima ridotta | 131.0 |

Coefficiente riduttivo da utilizzare: 1.65

$$R_{ck} = 26.1 + 97.0 = 123.0 \text{ t}$$

Tabella 6.4.II

| Resistenza | simbolo | Pali infissi | | | Pali trivellati | | | Pali ad elica continua | | |
|------------|-----------------------------|--------------|------|------|-----------------------|------|------|------------------------|------|------|
| | γ_R | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |
| base | γ_b | 1.00 | 1.45 | 1.15 | 1.00 | 1.70 | 1.35 | 1.00 | 1.60 | 1.30 |
| laterale | γ_s | 1.00 | 1.45 | 1.15 | 1.00 | 1.45 | 1.15 | 1.00 | 1.45 | 1.15 |
| Tipo | 1 = palo infisso | | | | | | | | | |
| di | 2 = palo trivellato | | | | Immetti tipo di palo: | | | 1 | | |
| palo | 3 = palo con elica continua | | | | | | | | | |

Tipo di Palo: infisso

Valori da usare:

 $\gamma_b = 1.15$ $\gamma_s = 1.15$

Approccio 2:

$$R_d = 22.7 + 84.3 = 107.0 \text{ t}$$

I carichi permanenti strutturali vanno moltiplicati per 1.3, mentre quelli permanenti non strutturali e quelli variabili vanno moltiplicati per 1.5

Valori da usare:

 $\gamma_b = 1.45$ $\gamma_s = 1.45$

Approccio 1, Combinazione2:

$$R_d = 18.0 + 66.9 = 84.8 \text{ t}$$

I carichi permanenti non strutturali e quelli variabili vanno moltiplicati per 1.3.

| Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Padre Genocchi n.222 - tel.:054727682 | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------|---------------|-------------------|--------------|------------------------------------|--------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Lavoro: Ravenna - ponte Classicana | | | | | | | | | | | |
| Riferimento: CPT 1/14 | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | | | |
| n. | Strato da m | a m | Tipo C o I | Cthin | Rp kg/cmq | Nspt | cu kg/cmq | H m | Vs m/sec | H/Vs sec | P'vo kg/cmq |
| 1 | 0.00 | 1.00 | I | 1.10 | 95 | 21 | --- | 1.00 | 211 | 0.005 | 0.095 |
| 2 | 1.00 | 2.00 | I | 1.10 | 65 | 14 | --- | 1.00 | 177 | 0.006 | 0.285 |
| 3 | 2.00 | 2.70 | C | --- | 7 | --- | 0.44 | 0.70 | 139 | 0.005 | 0.408 |
| 4 | 2.70 | 4.00 | I | 1.01 | 65 | 16 | --- | 1.30 | 187 | 0.007 | 0.495 |
| 5 | 4.00 | 4.40 | C | --- | 3 | --- | 0.16 | 0.40 | 95 | 0.004 | 0.569 |
| 6 | 4.40 | 7.00 | I | 1.00 | 20 | 5 | --- | 2.60 | 129 | 0.020 | 0.696 |
| 7 | 7.00 | 8.20 | I | 1.00 | 28 | 7 | --- | 1.20 | 139 | 0.009 | 0.857 |
| 8 | 8.20 | 9.60 | I | 1.00 | 38 | 10 | --- | 1.40 | 152 | 0.009 | 0.968 |
| 9 | 9.60 | 10.80 | I | 1.00 | 55 | 14 | --- | 1.20 | 174 | 0.007 | 1.081 |
| 10 | 10.80 | 12.20 | I | 1.00 | 60 | 15 | --- | 1.40 | 180 | 0.008 | 1.198 |
| 11 | 12.20 | 13.60 | I | 1.00 | 75 | 19 | --- | 1.40 | 199 | 0.007 | 1.328 |
| 12 | 13.60 | 14.90 | I | 1.00 | 90 | 23 | --- | 1.30 | 219 | 0.006 | 1.456 |
| 13 | 14.90 | 15.20 | C | --- | 10 | --- | 0.56 | 0.30 | 159 | 0.002 | 1.530 |
| 14 | 15.20 | 16.00 | I | 1.21 | 85 | 26 | --- | 0.80 | 235 | 0.003 | 1.581 |
| 15 | 16.00 | 18.20 | C | --- | 10 | --- | 0.55 | 2.20 | 157 | 0.014 | 1.713 |
| 16 | 18.20 | 20.60 | I | 1.00 | 20 | 7 | --- | 2.40 | 137 | 0.017 | 1.908 |
| 17 | 20.60 | 22.60 | C | --- | 11 | --- | 0.59 | 2.00 | 163 | 0.012 | 2.095 |
| 18 | 22.60 | 25.20 | C | --- | 14 | --- | 0.78 | 2.60 | 188 | 0.014 | 2.291 |
| 19 | 25.20 | 28.00 | C | --- | 18 | --- | 1.03 | 2.80 | 213 | 0.013 | 2.534 |
| 20 | 28.00 | 30.00 | C | --- | 27 | --- | 1.62 | 2.00 | 272 | 0.007 | 2.762 |
| 21 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 30.00 | | 0.176 | | |
| 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 = | | 171 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: | | | | | | | | | | | |
| 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 sabbie limose | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | |

TAVOLA VI-2

| Dr. Angelo Angeli - Studio Geologia Tecnica - Cesena, via Padre Genocchi n.222 - tel.:054727682 | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------------------|---------------|---|--------------|--|--------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Lavoro: Ravenna - Ponte Classicana | | | | | | | | | | | |
| Riferimento: CPT 2/05 | | | | | | | | | | | |
| 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 $Vs(m/sec) = 157 cu(kg/cmq) + 70$ | | | | | | | | | | | |
| n. | Strato da m | a m | Tipo C o l | Cthin | Rp kg/cmq | Nspt | cu kg/cmq | H m | Vs m/sec | H/Vs sec | P'vo kg/cmq |
| 1 | 0.00 | 1.00 | I | 1.10 | 20 | 7 | --- | 1.00 | 141 | 0.007 | 0.093 |
| 2 | 1.00 | 2.00 | C | --- | 3 | --- | 0.18 | 1.00 | 99 | 0.010 | 0.273 |
| 3 | 2.00 | 3.60 | I | 1.00 | 70 | 18 | --- | 1.60 | 193 | 0.008 | 0.432 |
| 4 | 3.60 | 4.00 | C | --- | 6 | --- | 0.37 | 0.40 | 127 | 0.003 | 0.520 |
| 5 | 4.00 | 5.20 | I | 1.03 | 17 | 6 | --- | 1.20 | 133 | 0.009 | 0.587 |
| 6 | 5.20 | 6.40 | C | --- | 8 | --- | 0.49 | 1.20 | 147 | 0.008 | 0.689 |
| 7 | 6.40 | 7.40 | I | 1.10 | 18 | 7 | --- | 1.00 | 137 | 0.007 | 0.783 |
| 8 | 7.40 | 10.00 | I | 1.00 | 40 | 10 | --- | 2.60 | 154 | 0.017 | 0.936 |
| 9 | 10.00 | 10.40 | I | 1.00 | 28 | 9 | --- | 0.40 | 151 | 0.003 | 1.063 |
| 10 | 10.40 | 12.40 | I | 1.00 | 54 | 14 | --- | 2.00 | 172 | 0.012 | 1.170 |
| 11 | 12.40 | 12.70 | C | --- | 10 | --- | 0.58 | 0.30 | 161 | 0.002 | 1.273 |
| 12 | 12.70 | 13.40 | I | 1.28 | 76 | 24 | --- | 0.70 | 228 | 0.003 | 1.319 |
| 13 | 13.40 | 13.90 | C | --- | 12 | --- | 0.71 | 0.50 | 181 | 0.003 | 1.373 |
| 14 | 13.90 | 14.20 | I | 1.66 | 37 | 15 | --- | 0.30 | 182 | 0.002 | 1.407 |
| 15 | 14.20 | 14.80 | I | 1.36 | 48 | 16 | --- | 0.60 | 187 | 0.003 | 1.446 |
| 16 | 14.80 | 15.20 | I | 1.55 | 40 | 16 | --- | 0.40 | 183 | 0.002 | 1.488 |
| 17 | 15.20 | 20.00 | C | --- | 10 | --- | 0.55 | 4.80 | 157 | 0.031 | 1.709 |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 20.00 | | 0.130 | | |
| 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 = | | 154 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/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. Ciacciulli, 114 MONTELLA"

Porto San Vitale, Ravenna

Cerca



Latitudine (WGS84) Longitudine (WGS84)
 Latitudine (ED50) Longitudine (ED50)
 Altitudine (mt)
 Classe dell'edificio
 Vita Nominale Struttura
 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Parametri di pericolosità Sismica

| Stato Limite | T_r [anni] | a_g/g [-] | F_o [-] | T^*_c [s] |
|----------------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|
| Operatività | 45 | 0.052 | 2.487 | 0.276 |
| Danno | 75 | 0.065 | 2.492 | 0.287 |
| Salvaguardia Vita | 712 | 0.176 | 2.575 | 0.280 |
| Prevenzione Collasso | 1462 | 0.233 | 2.521 | 0.286 |

Termini e Condizioni di utilizzo di Edilus-MS

TAVOLA VII



Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35
 P.IVA 01883740647 - E-mail: info@acca.it

TAVOLA VIII-1

| | | | | | | | |
|---|--|----------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|----------------|---------|
| Studio Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena | | | | | | | |
| FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA | | | | | | | |
| AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA | | | | | | | |
| Località: Ravenna - Porto San Vitale | | | | | | | |
| Dati: | a/g = | 0.176 | Fo | 2.575 | Categoria terreno | D | |
| Stato Limite | | di Salvaguardia della Vita | | | | | |
| Categoria | Formule | | | Valori | Classe di manufatto | | |
| sottosuolo | Ss = | | | Ss | III | | |
| A | 1.00 | | | 1.000 | | | |
| B | $1,00 \leq 1,41 - 0,40 F_o \times a/g \leq 1,20$ | | | 1.200 | | | |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_o \times a/g \leq 1,50$ | | | 1.428 | | | |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_o \times a/g \leq 1,80$ | | | 1.720 | valore da usare | | |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_o \times a/g \leq 1,60$ | | | 1.501 | | | |
| 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 = | 0.176 | Ss = | 1.720 | St = | 1.00 | S=Ss x St = | 1.720 |
| amax = arif x Ss x St = | | 0.303 | | g | | | |
| Kh = amax/g = | | 0.303 | | (fondazioni) | | | |
| Coefficienti riduttivi sismici: β_m (opere di sostegno) | | | | | | | |
| accelerazioni | Categorie Sottosuolo | | | | | | |
| ag | A | B, C, D, E | | | | | |
| | β_m | β_m | | | | | |
| $0,2g < ag \leq 0,4g$ | 0.31 | 0.31 | | valore da usare = 0.24 | | | |
| $0,1g < ag \leq 0,2g$ | 0.29 | 0.24 | | | | | |
| $ag \leq 0,1g$ | 0.20 | 0.18 | | | | | |
| Kh = $\beta_m \times St \times Ss \times a/g =$ | | 0.073 | | g | | 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 | | | | | |
| $0,2g < ag \leq 0,4g$ | 0.30 | 0.28 | | valore da usare = 0.24 | | | |
| $0,1g < ag \leq 0,2g$ | 0.27 | 0.24 | | | | | |
| $ag \leq 0,1g$ | 0.20 | 0.20 | | | | | |
| Kh = $\beta_s \times St \times Ss \times a/g =$ | | 0.073 | | g | | Kv = 0,50 Kh = | 0.036 g |

TAVOLA VIII-2

| Studio Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena | | | | | | | |
|---|--|----------------------|------------|----------------------------|-------|---------------------|---------|
| FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA | | | | | | | |
| AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA | | | | | | | |
| Località: Ravenna - Porto San Vitale | | | | | | | |
| Dati: | a/g = | 0.233 | | Fo | 2.521 | Categoria terreno | D |
| Stato Limite | | Prevenzione Collasso | | | | | |
| Categoria sottosuolo | Formule | | | Valori | | Classe di manufatto | |
| | Ss = | | | Ss | | III | |
| A | 1.00 | | | 1.000 | | | |
| B | $1,00 \leq 1,41 - 0,40 F_o \times a/g \leq 1,20$ | | | 1.200 | | | |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_o \times a/g \leq 1,50$ | | | 1.348 | | | |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_o \times a/g \leq 1,80$ | | | 1.519 | | valore da usare | |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_o \times a/g \leq 1,60$ | | | 1.354 | | | |
| 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 = | 0.233 | Ss = | 1.519 | St = | 1.00 | S=Ss x St = | 1.519 |
| amax = arif x Ss x St = | | 0.354 | | g | | | |
| Kh = amax/g = | | 0.354 | | (fondazioni) | | | |
| Coefficienti riduttivi sismici: β_m (opere di sostegno) | | | | | | | |
| accelerazioni | | Categorie Sottosuolo | | | | | |
| ag | | A | B, C, D, E | | | | |
| | | β_m | β_m | | | | |
| $0,2g < ag \leq 0,4g$ | | 0.31 | 0.31 | valore da usare = 0.31 | | | |
| $0,1g < ag \leq 0,2g$ | | 0.29 | 0.24 | | | | |
| $ag \leq 0,1g$ | | 0.20 | 0.18 | | | | |
| Kh = $\beta_m \times St \times Ss \times a/g =$ | | 0.110 | | g | | Kv = 0,50 Kh = | 0.055 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 | | | | |
| $0,2g < ag \leq 0,4g$ | | 0.30 | 0.28 | valore da usare = 0.28 | | | |
| $0,1g < ag \leq 0,2g$ | | 0.27 | 0.24 | | | | |
| $ag \leq 0,1g$ | | 0.20 | 0.20 | | | | |
| Kh = $\beta_s \times St \times Ss \times a/g =$ | | 0.099 | | g | | Kv = 0,50 Kh = | 0.050 g |

Potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base dell'Nspt dedotto dalla qc

Riferimenti:

Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).

Seed et al., (2003), RECENT ADVANCES IN SOIL LIQUEFACTION ENGINEERING: A UNIFIED AND CONSISTENT FRAMEWORK, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar.

Robertson et al., (1997), "CYCLIC LIQUEFACTION AND ITS EVALUATION BASED ON SPT AND CPT", Final Contribution to the Proc. NCEEER, Workshop on Liquefaction, Salt Lake City, USA.

Lavoro: Ravenna - Ponte Classicana

Prova di riferimento: CPT.1/14

Formule e definizioni

$FI = (CRR/CSR) \times MSF$ se $FI < 1$ liquefazione possibile

$CRR = \tau_{ult}/\sigma'_{vo}$ = resistenza normalizzata (da valutare dal grafico)

$CSR = 0,65 \times (a_{max}/g) \times (\sigma'_{vo}/\sigma'_v) \times r_d$ (tensione indotta dal sisma)

MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto

r_d = fattore riduttivo dell'azione sismica

$N_{spt} = N_{spt}$ misurato $(N1)_{60} = C_n \times N_{spt}$ = resistenza normalizzata

P_a = pressione atmosferica

σ'_v = pressione litostatica totale

σ'_v = pressione litostatica efficace

a_{max} = accelerazione max. al suolo

g = accelerazione di gravità

Z = profondità dello strato

$C_n = (P_a/\sigma'_v)^{0,5}$

Z_w = profondità della falda

C_{thin} = correzione per strato sottile: $C_{thin} = 0,5(H-1,45)^{0,25} + 1$; $H < 1,45m$; Valore massimo: $C_{thin} = 1,8$

L'Nspt può essere calcolato dalla R_p (o qc) con la seguente relazione:

$$N_{spt} = R_p(kg/cm^2)/n$$

dove n assume i seguenti valori secondo la granulometria della sabbia:

$n=3$ per sabbia tipo 3 (Sandy Silt)

$n=4$ per sabbia tipo 2 (Silty Sand)

$n=5$ per sabbia tipo 1 (Clean Sand)

Fattore di correzione MSF

Andrus e Stokoe, 1997

Magnitudo

MSF

5.5 2.78

6 2.09

6.5 1.60

7 1.26

Tipo di terreno 1. Clean Sand : $0,25 \text{ mm} < D_{50} < 2,0 \text{ mm}$ - $FC \leq 5\%$ FC = Frazione fine = passante al setaccion.200 ASTM (0,074 mm)

2. Silty Sand : $0,10 \text{ mm} < D_{50} \leq 0,25 \text{ mm}$ - $5 < FC < 35\%$ Leggere CRR sul grafico scegliendo la curva in base al tipo di sabbia

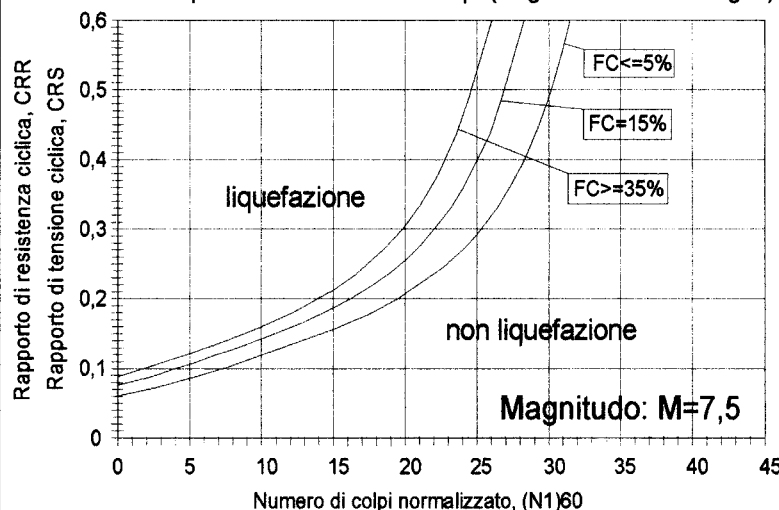
3. Sandy Silt : $D_{50} < 0,10 \text{ mm}$ - $FC \geq 35\%$ $r_d = \exp[(-1,012 - 1,126 \sin(Z/11,73 + 5,133)) + (0,106 + 0,118 \sin(Z/11,28 + 5,142))] \times M]$

Negli strati coesivi mettere "0" come tipo di terreno

Introduzione dei dati e calcolo di FI

| Magnitudo (M): | 5.88 | $a_{max}/g =$ | 0.303 | $Z_w =$ | 2.00 | m | $MSF = (7,5/M)^{0,33}$ | | | | | | | | | | 2.23 | | | | |
|----------------|-------|---------------|------------|----------|-----------|------------|------------------------|-------|--------|------------|-----------|-------|-------------|-----|-------|-------|---------|----|--|--|--|
| Profondità | H | Coes. (C) | Tipo | γ | γ' | σ_v | σ'_v | r_d | qc | C_{thin} | N_{spt} | C_n | $(N1)_{60}$ | CSR | CRR | FI | Liq.le? | | | | |
| da m | a m | m | Incoer.(I) | terreno | t/mc | t/mc | t/mq | t/mq | kg/cmq | | | | | | | | (S/N) | | | | |
| 0.00 | 2.00 | 2.00 | C | 0 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 0.91 | na | na | 1.70 | na | na | na | na | na | | | | |
| 2.00 | 2.80 | 0.80 | C | 0 | 1.80 | 0.80 | 4.42 | 4.02 | 0.89 | na | na | 1.58 | na | na | na | na | na | | | | |
| 2.80 | 3.80 | 1.00 | I | 2 | 1.90 | 0.90 | 6.09 | 4.79 | 0.87 | 67 | 1.10 | 18 | 1.44 | 27 | 0.218 | 0.470 | 4.82 | NO | | | |
| 3.80 | 4.40 | 0.60 | C | 0 | 1.80 | 0.80 | 7.58 | 5.48 | 0.85 | na | na | 1.35 | na | na | na | na | na | | | | |
| 4.40 | 5.00 | 0.60 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 8.68 | 5.98 | 0.84 | 32 | 1.00 | 8 | 1.29 | 10 | 0.241 | 0.140 | 1.30 | NO | | | |
| 5.00 | 7.00 | 2.00 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 11.08 | 7.08 | 0.82 | 22 | 1.00 | 6 | 1.19 | 7 | 0.251 | 0.120 | 1.07 | NO | | | |
| 7.00 | 8.20 | 1.20 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 14.04 | 8.44 | 0.78 | 30 | 1.00 | 8 | 1.09 | 8 | 0.255 | 0.130 | 1.14 | NO | | | |
| 8.20 | 9.60 | 1.40 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 16.45 | 9.55 | 0.75 | 38 | 1.00 | 10 | 1.02 | 10 | 0.254 | 0.140 | 1.23 | NO | | | |
| 9.60 | 10.80 | 1.20 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 18.85 | 10.65 | 0.72 | 55 | 1.00 | 14 | 0.97 | 13 | 0.251 | 0.170 | 1.51 | NO | | | |
| 10.80 | 12.20 | 1.40 | I | 2 | 1.90 | 0.90 | 21.29 | 11.79 | 0.69 | 59 | 1.00 | 15 | 0.92 | 14 | 0.245 | 0.180 | 1.64 | NO | | | |
| 12.20 | 13.60 | 1.40 | I | 2 | 1.95 | 0.95 | 23.99 | 13.09 | 0.66 | 78 | 1.00 | 20 | 0.87 | 17 | 0.237 | 0.210 | 1.98 | NO | | | |
| 13.60 | 14.80 | 1.20 | I | 2 | 1.95 | 0.95 | 26.52 | 14.32 | 0.63 | 90 | 1.03 | 23 | 0.84 | 19 | 0.229 | 0.240 | 2.34 | NO | | | |
| 14.80 | 15.20 | 0.40 | C | 0 | 1.80 | 0.80 | 28.05 | 15.05 | 0.61 | na | na | 0.82 | na | na | na | na | na | | | | |
| 15.20 | 16.00 | 0.80 | I | 2 | 1.95 | 0.95 | 29.19 | 15.59 | 0.60 | 87 | 1.21 | 26 | 0.80 | 21 | 0.221 | 0.275 | 2.78 | NO | | | |

Resistenza alla liquefazione CRR di un terreno sabbioso saturo in funzione della percentuale di fini e di Nspt (Regione Emilia-Romagna)



Potenziale di Liquefazione (IPL) secondo IWASAKI et al. (1982)

$$IPL = SF(z) \times W(z) \times \Delta Z$$

se $FI > 1$: $F(z) = 0$

se $FI < 1$: $F(z) = 1 - FI$

$$W(z) = 10 - 0.5Z$$

$$IPL = 0.00$$

Potenziale di Liquefazione (IPL) secondo SOMMEZ (2003)

$$IPL = SF(z) \times W(z) \times \Delta Z$$

se $FI > 1.2$: $F(z) = 0$

se $FI < 0.95$: $F(z) = 1 - FI$

$$se \ 0.95 < FI < 1.2: F(z) = 2 \times 10^{-6} e^{(-18.427FI)}$$

$$IPL = 0.09$$

CLASSI DI RISCHIO

| IPL | Rischio Liquefazione |
|----------------|----------------------|
| $IPL = 0$ | non liquefacibile |
| $0 < IPL < 2$ | basso |
| $2 < IPL < 5$ | moderato |
| $5 < IPL < 15$ | alto |
| $IPL > 15$ | molto alto |

Potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base dell'Nspt dedotto dalla qc

Riferimenti:

Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).

Seed et al., (2003), RECENT ADVANCES IN SOIL LIQUEFACTION ENGINEERING: A UNIFIED AND CONSISTENT FRAMEWORK, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar.

Robertson et al., (1997), "CYCLIC LIQUEFACTION AND ITS EVALUATION BASED ON SPT AND CPT", Final Contribution to the Proc. NCEER, Workshop on Liquefaction, Salt Lake City, USA.

Lavoro: Ravenna - Ponte Classicana

Prova di riferimento: CPT.2/05

Formule e definizioni

$FI = (CRR/CSR) \times MSF$ se $FI < 1$ liquefazione possibile

$CRR = \tau_{ult}/\sigma'_{vo}$ = resistenza normalizzata (da valutare dal grafico)

$CSR = 0,65 \times (a_{max}/g) \times (\sigma'_{vo}/\sigma'_v) \times rd$ (tensione indotta dal sisma)

MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto

rd = fattore riduttivo dell'azione sismica

$N_{spt} = N_{spt}$ misurato $(N1)/60 = Cn \times N_{spt}$ = resistenza normalizzata

Pa = pressione atmosferica

sv = pressione litostatica totale

$s'v$ = pressione litostatica efficace

a_{max} = accelerazione max. al suolo

g = accelerazione di gravità

Z = profondità dello strato

$Cn = (Pa/\sigma'_v)^{0,5}$

Pw = profondità della falda

C_{thin} = correzione per strato sottile: $C_{thin} = 0,5(H-1,45)^{2+1}$; $H < 1,45m$; Valore massimo: $C_{thin}=1,8$

L'Nspt può essere calcolato dalla R_p (o qc) con la seguente relazione:

$$N_{spt} = R_p / (kg/cm^2) / n$$

dove n assume i seguenti valori secondo la granulometria della sabbia:

$n=3$ per sabbia tipo 3 (Sandy Silt)
 $n=4$ per sabbia tipo 2 (Silty Sand)
 $n=5$ per sabbia tipo 1 (Clean Sand)

Fattore di correzione MSF

Andrus e Stokoe, 1997

Magnitudo

MSF

5.5 2.78

6 2.09

6.5 1.60

7 1.26

Tipo di terreno: 1. Clean Sand : $0,25 \text{ mm} < D_{50} < 2,0 \text{ mm}$ - $FC \leq 5\%$ FC = Frazione fine = passante al setaccio 200 ASTM (0,074 mm)

2. Silty Sand : $0,10 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0,25 \text{ mm}$ - $5 < FC < 35\%$ Leggere CRR sul grafico scegliendo la curva in base al tipo di sabbia

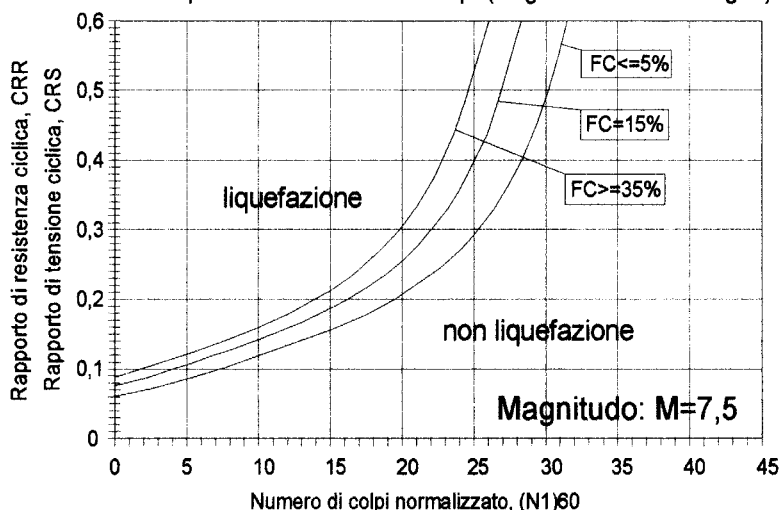
3. Sandy Silt : $D_{50} < 0,10 \text{ mm}$ - $FC > 35\%$ $rd = \exp(-1,012 - 1,126 \ln(Z/11,73 + 5,133)) + (0,106 + 0,118 \ln(Z/11,28 + 5,142)) \times dM$

Negli strati coesivi mettere "0" come tipo di terreno

Introduzione dei dati e calcolo di FI

| Magnitudo (M): | | 5.88 | amax/g = | 0.303 | Zw = | 2.00 | m | MSF = (7,5/M)^3,3) | | | | | | | | 2.23 | | | | |
|----------------|-------|------|------------|---------|------|------|-------|--------------------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|-------|------|---------|--|--|
| Profondità | | H | Coes. (C) | Tipo | γ | γ' | σv | σv' | rd | qc | Cthin | Nspt | Cn | (N1)60 | CSR | CRR | FI | Liq.le? | | |
| da m | a m | m | Incoer.(I) | terreno | t/mc | t/mc | t/mq | t/mq | | kg/cmq | | | | | | | | (S/N) | | |
| 0.00 | 2.00 | 2.00 | C | 0 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 0.91 | na | --- | na | 1.70 | -- | --- | -- | -- | -- | | |
| 2.00 | 3.60 | 1.60 | I | 2 | 1.90 | 0.90 | 5.22 | 4.42 | 0.88 | 60 | 1.00 | 15 | 1.50 | 23 | 0.204 | 0.320 | 3.49 | NO | | |
| 3.60 | 3.90 | 0.30 | C | 0 | 1.80 | 0.80 | 7.01 | 5.26 | 0.86 | na | --- | na | 1.38 | -- | --- | --- | -- | -- | | |
| 3.90 | 7.40 | 3.50 | C | 0 | 1.85 | 0.85 | 10.52 | 6.87 | 0.82 | na | --- | na | 1.21 | -- | --- | --- | -- | -- | | |
| 7.40 | 10.00 | 2.60 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 16.16 | 9.46 | 0.75 | 40 | 1.00 | 10 | 1.03 | 10 | 0.254 | 0.140 | 1.23 | NO | | |
| 10.00 | 10.40 | 0.40 | I | 3 | 1.85 | 0.85 | 18.94 | 10.74 | 0.72 | 28 | 1.00 | 9 | 0.97 | 9 | 0.250 | 0.130 | 1.16 | NO | | |
| 10.40 | 12.40 | 2.00 | I | 2 | 1.90 | 0.90 | 21.21 | 11.81 | 0.69 | 50 | 1.00 | 13 | 0.92 | 12 | 0.245 | 0.160 | 1.46 | NO | | |
| 12.40 | 12.70 | 0.30 | C | 0 | 1.85 | 0.85 | 23.38 | 12.83 | 0.66 | na | --- | na | 0.88 | -- | --- | --- | -- | -- | | |
| 12.70 | 13.40 | 0.70 | I | 2 | 1.90 | 0.90 | 24.33 | 13.28 | 0.65 | 76 | 1.28 | 24 | 0.87 | 21 | 0.236 | 0.280 | 2.65 | NO | | |
| 13.40 | 13.90 | 0.50 | C | 0 | 1.90 | 0.90 | 25.47 | 13.82 | 0.64 | na | --- | na | 0.85 | -- | --- | --- | -- | -- | | |
| 13.90 | 14.20 | 0.30 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 26.22 | 14.17 | 0.63 | 36 | 1.66 | 15 | 0.84 | 13 | 0.230 | 0.170 | 1.65 | NO | | |
| 14.20 | 14.80 | 0.60 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 27.05 | 14.55 | 0.62 | 48 | 1.36 | 16 | 0.83 | 14 | 0.228 | 0.180 | 1.77 | NO | | |
| 14.80 | 15.20 | 0.40 | I | 2 | 1.85 | 0.85 | 27.98 | 14.98 | 0.61 | 40 | 1.55 | 16 | 0.82 | 13 | 0.225 | 0.170 | 1.69 | NO | | |
| 15.20 | 20.00 | 4.80 | C | 0 | 1.80 | 0.80 | 32.67 | 17.07 | 0.56 | na | --- | na | 0.77 | -- | --- | --- | -- | -- | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Resistenza alla liquefazione CRR di un terreno sabbioso saturo in funzione della percentuale di fini e di Nspt (Regione Emilia-Romagna)



Potenziale di Liquefazione (IPL) secondo IWASAKI et al. (1982)

$$IPL = SF(z) \times W(z) \times \Delta Z$$

se $FI > 1$: $F(z) = 0$

se $FI < 1$: $F(z) = 1 - FI$

$W(z) = 10 - 0.5Z$

$IPL = 0.00$

Potenziale di Liquefazione (IPL) secondo SOMMEZ (2003)

$$IPL = SF(z) \times W(z) \times \Delta Z$$

se $FI > 1.2$: $F(z) = 0$

se $FI < 0.95$: $F(z) = 1 - FI$

se $0.95 < FI < 1.2$: $F(z) = 2 \times 10^{-6} e^{(-18.427FI)}$

$IPL = 0.00$

CLASSI DI RISCHIO

| IPL | Rischio Liquefazione |
|----------------|----------------------|
| $IPL = 0$ | non liquefacibile |
| $0 < IPL < 2$ | basso |
| $2 < IPL < 5$ | moderato |
| $5 < IPL < 15$ | alto |
| $IPL > 15$ | molto alto |

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: Ravenna – porto San Vitale – Ponte Classicana

Committente: SAPIR spa

Lavoro: Ristrutturazione ponte di via Classicana

RELAZIONE GEOFISICA

Data: Settembre 2014

INDAGNE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA PREMESSA E GENERALITA'

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 "HVSr" 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 $\lambda = n \cdot 4 H$. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

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

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 possibili 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 HVSr 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 (f_r) 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 importanti, 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 del terreno ha picchi con frequenze di risonanza simili a quelle dell'edificio.

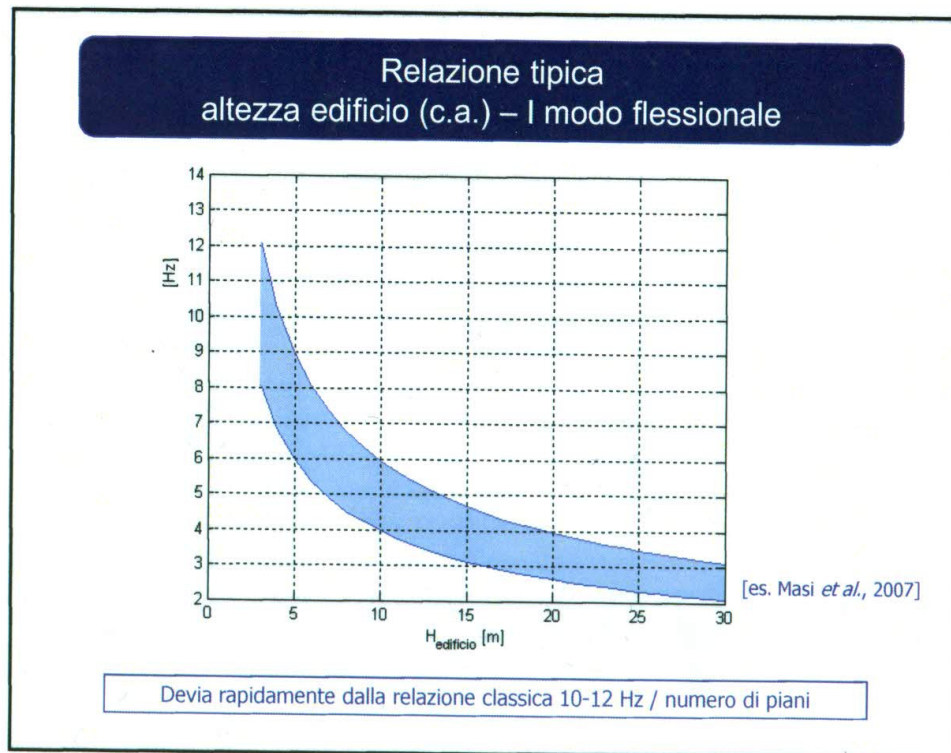
Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è sfavorevole dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente sfavorevole perché :

- 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 in relazione alla loro altezza in metri, in modo da poter confrontare in maniera speditiva

se sono possibili fenomeni di doppia risonanza (da "Tecniche di sismica passiva e attiva", Silvia Castellaro, 2010).



SAPIR, PONTE CLASSICANA N.2

Instrument: TRZ-0117/01-11

Start recording: 15/09/14 11:46:28 End recording: 15/09/14 12:06:28

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 100% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

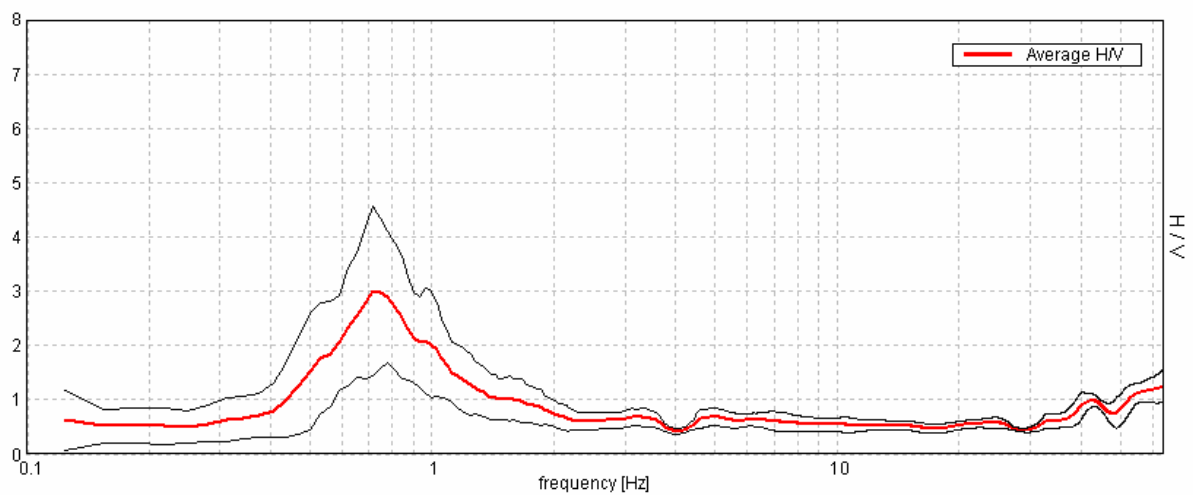
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

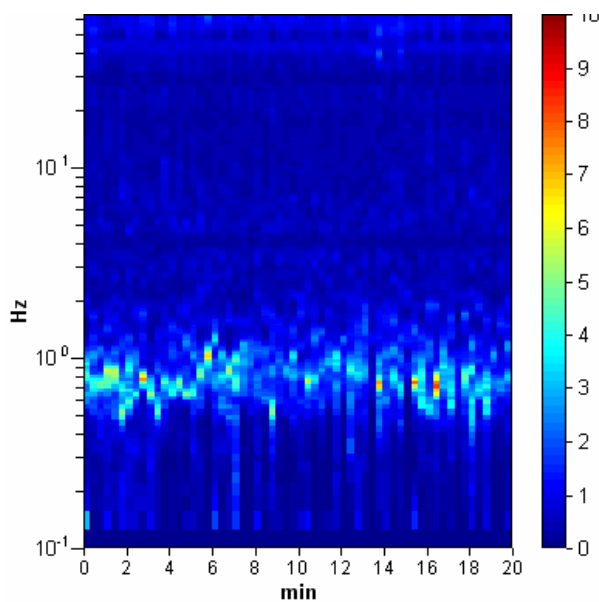
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

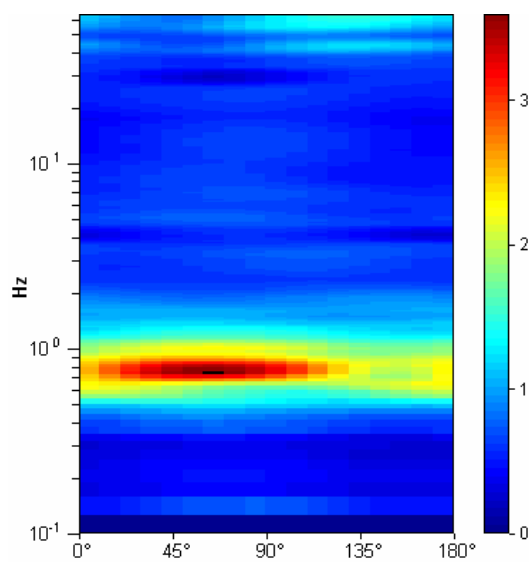
Max. H/V at 0.72 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



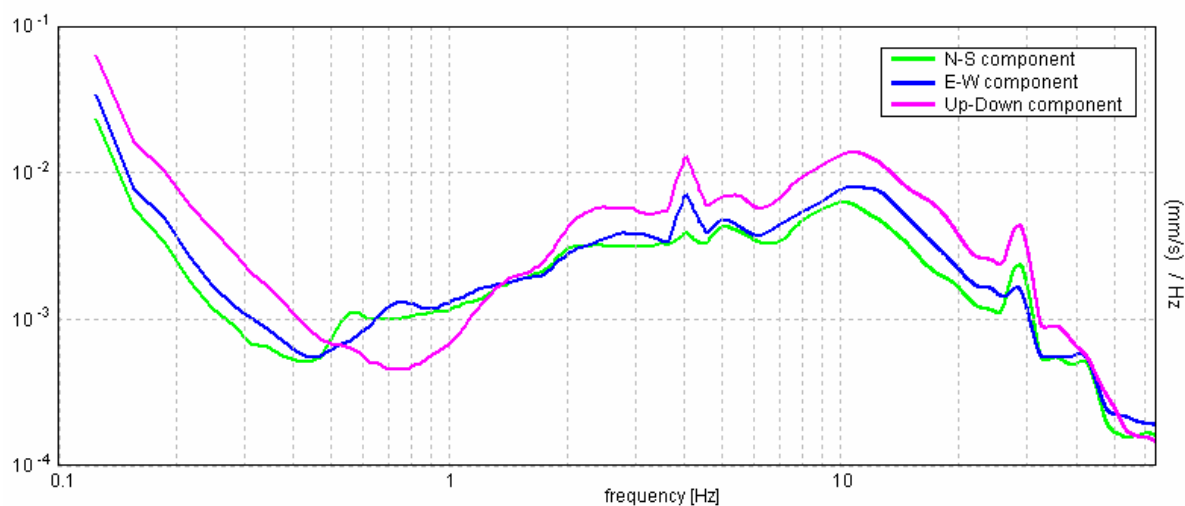
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

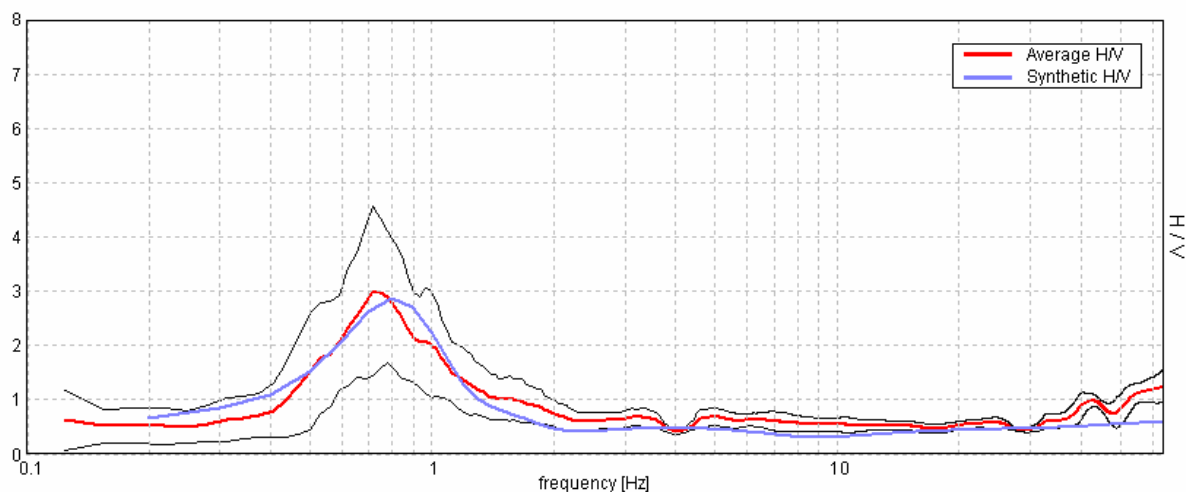


SINGLE COMPONENT SPECTRA



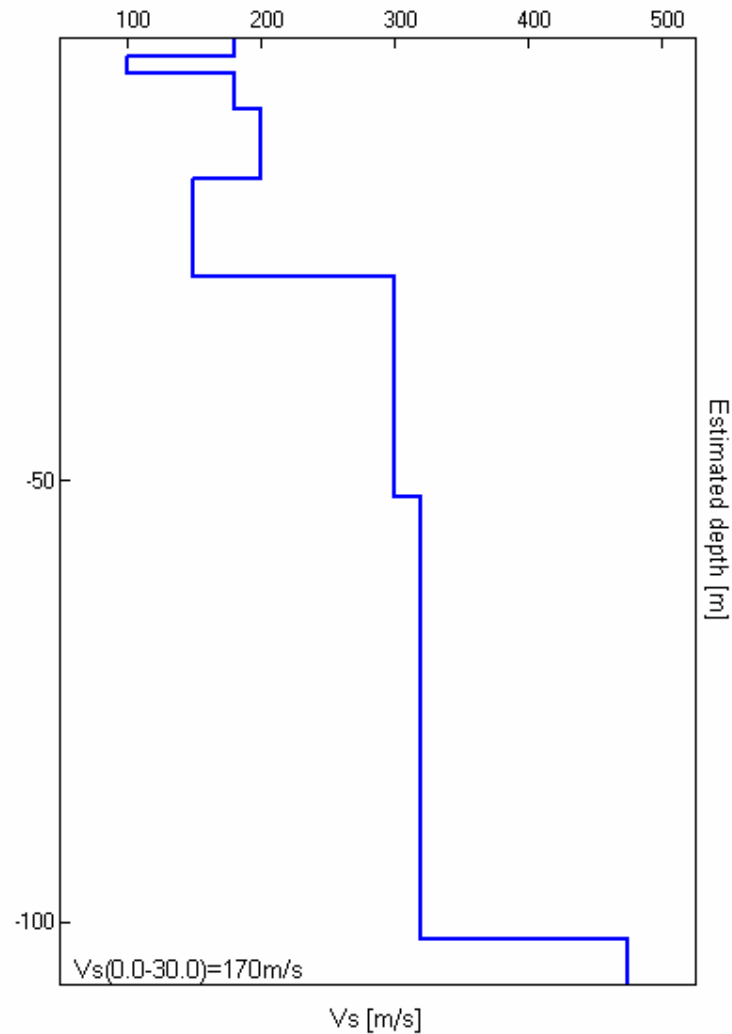
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 0.72 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 2.00 | 2.00 | 180 | 0.35 |
| 4.00 | 2.00 | 100 | 0.35 |
| 8.00 | 4.00 | 180 | 0.35 |
| 16.00 | 8.00 | 200 | 0.35 |
| 27.00 | 11.00 | 150 | 0.35 |
| 52.00 | 25.00 | 300 | 0.45 |
| 102.00 | 50.00 | 320 | 0.45 |
| inf. | inf. | 475 | 0.35 |

Vs(0.0-30.0)=170m/s



Max. H/V at 0.72 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.72 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $862.5 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 36 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|---------------------|----|--|
| Exists f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ | 0.469 Hz | OK | |
| Exists f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ | 1.156 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $3.00 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.00369 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.00266 < 0.10781$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.7752 < 2.0$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq. range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

Porto San Vitale – Ponte in Via Classicana

VALUTAZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO
MEDIANTE CODICE **EERA** (Equivalent-linear Earthquake site Response Analysis)
UTILIZZANDO GLI ACCELEROGRAMMI FORNITI DALLA
REGIONE EMILIA-ROMAGNA PER IL COMUNE DI RAVENNA

E' stata fatta una valutazione degli effetti sismici di sito di III livello secondo lo schema seguente:

- definizione del modello di sotto suolo sulla base sia dei risultati delle prove penetrometriche, sia dei risultati dell'indagine sismica mediante "Tromino" (metodo HVSR);
- selezione di un moto di "input" (terremoto caratteristico) al bedrock (suolo di Categoria "A") utilizzando i tre sismogrammi campione forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Ravenna con i files:
000354xa_039014Ravenna.xy
000126xa_039014Ravenna.xy
000046xa_039014Ravenna.xy
- calcolo del moto del suolo atteso al sito (spettro di accelerazione) e dello spettro di risposta dell'oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà mediante il codice EERA (Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of layered soil deposit).

L'indagine di sismica passiva (metodo H/V) ha rilevato le risonanze più evidenti in corrispondenza delle frequenze di 1 Hz e di 0.75 Hz, attribuibili a banchi di sabbia profondi. Un picco di risonanza di scarsa evidenza in corrispondenza della frequenza di circa 1.45 Hz dovrebbe corrispondere circa al tetto delle alluvioni pleistoceniche sovraconsolidate.

Per il calcolo degli spettri di accelerazione (orizzontale) attesi al sito si sono usate le curve di smorzamento fornite da EERA per i tipo di terreno: argilla (1), sabbia (2) e bedrock (3).

La funzione di trasferimento risultante dall'elaborazione con EERA mostra un picco ad una frequenza di 1 Hz, in buon accordo con i risultati dell'indagine HVSR.

Si allegano:

- copia dei tre sismogrammi campione;
- profilo del terreno assunto come modello del sottosuolo;
- funzione di trasferimento;
- Spettri di risposta elastici con confronto con quello dedotto col metodo semplificato delle NTC-2008 per manufatto di Classe III e Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

La funzione di trasferimento presenta in genere più picchi rispetto all'H/V del microtremore, in quanto i metodi di calcolo generano facilmente risonanze spurie in funzione delle frequenze del moto di input. Nel caso in esame vi è corrispondenza per il picco di risonanza corrispondente alla frequenza di circa 1 Hz. Inoltre, poiché la rigidità di un sistema reale non lineare varia durante il terremoto, i modelli mostrano amplificazioni quasi sempre maggiori di quelle che si verificheranno in realtà (Kramer, 1996).

Lo spettro di risposta elastico medio ottenuto con EERA è messo a confronto con quelli dedotti secondo le NTC-2008 per Stato Limite di Salvaguardia della Vita e per Stato Limite di Prevenzione Collasso. Rispetto a quello dedotto secondo le NTC-2008 (metodo semplificato) per un suolo di categoria “D”, l’analisi con EERA fornisce valori massimi di accelerazione un poco più elevati rispetto alla verifica SLV e circa coincidenti con quelli della verifica SLC.

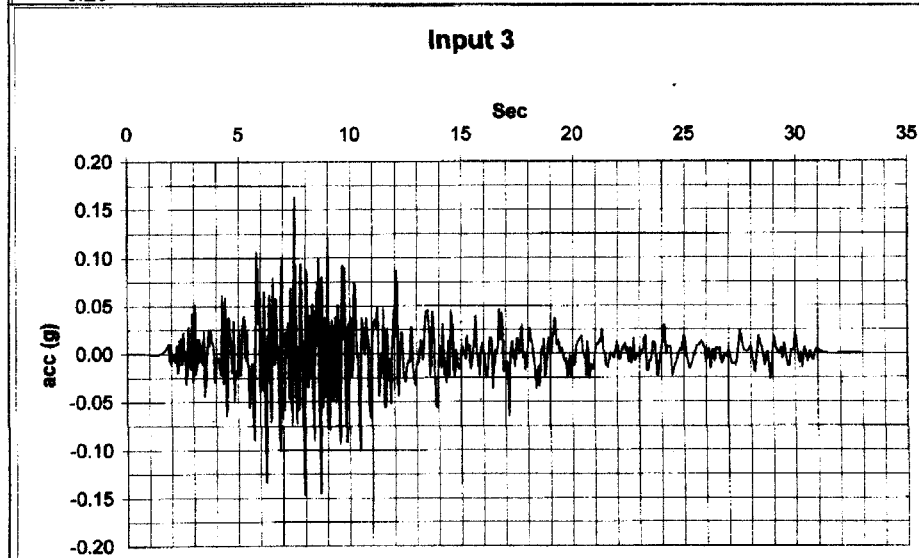
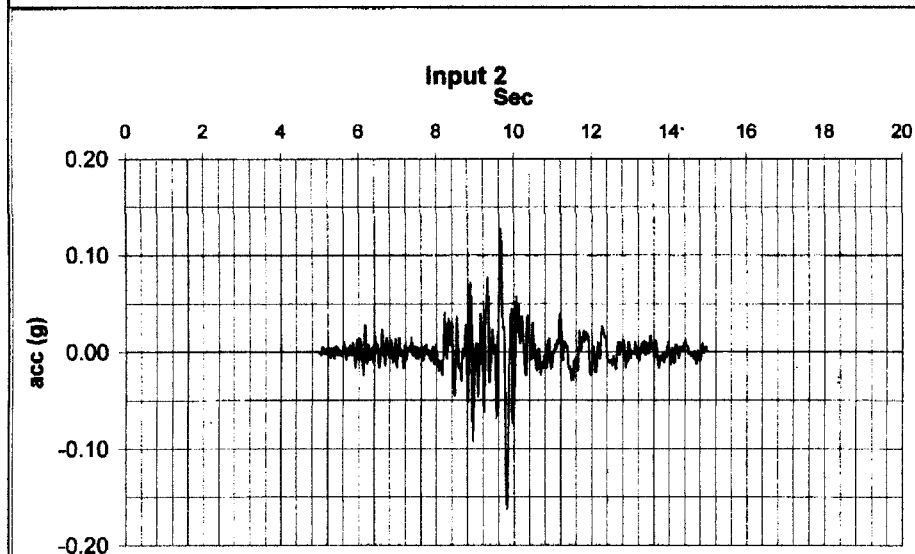
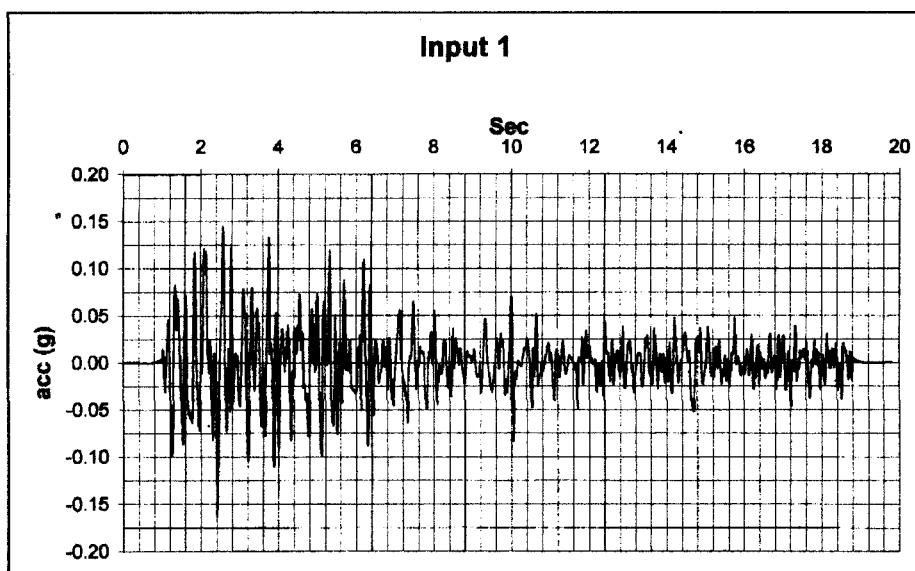
I valori massimi ottenuti con EERA sono limitati ad un intervallo del periodo più spostato verso valori bassi ed in un intervallo più ristretto rispetto al tratto con valore massimo ottenuto col metodo semplificato previsto dalle NTC-2008. I valori massimi dell’analisi con EERA risultano compresi nell’intervallo da 0.10 a 0.40 sec, mentre il tratto con accelerazione massima costante dedotto con la procedura NTC-2008 si estende all’intervallo da 0.22 sec a 0.67 sec.

Accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Ravenna

Input 1 = 000354xa_039014Ravenna-xy

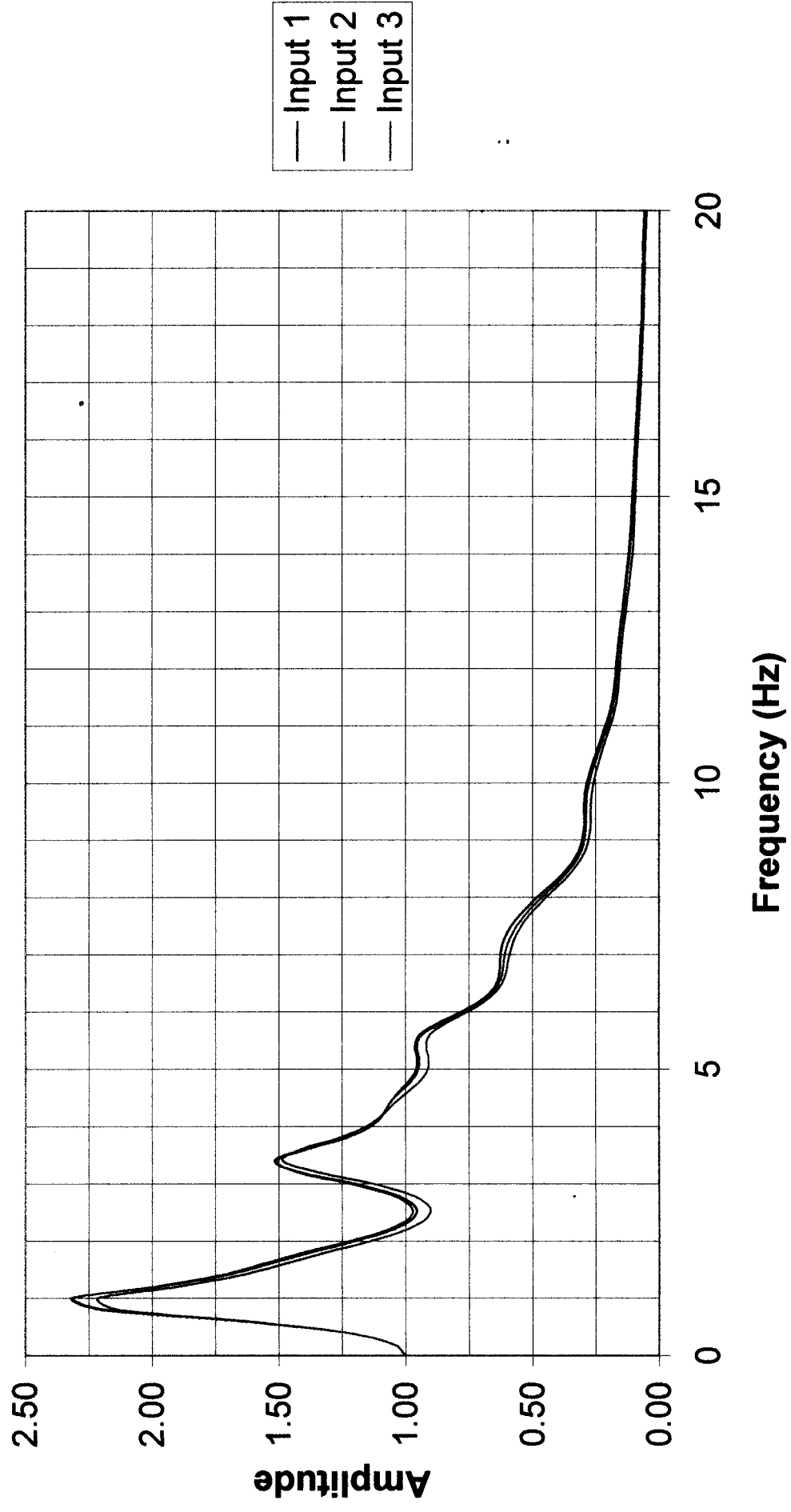
Input 2 = 000126xa_039014Ravenna-xy

Input 3 = 000046xa_039014Ravenna-xy



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|--|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Porto San Vitale - Ponte Classicana | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Fundamental period (s) = 1.17 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Average shear wave velocity (m/sec) = 262.21 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Total number of sublayers = 7 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | Layer Number | Soil Material Type | Number of sublayers in layer | Thickness of layer (m) | Maximum shear modulus G_{max} (MPa) | Initial critical damping ratio (%) | Total unit weight (kN/m ³) | Shear wave velocity (m/sec) | Location and type of earthquake input motion | Location of water table | Depth at middle of layer (m) | Vertical effective stress (kPa) |
| 6 | Surface | | 1 | 2 | 2.0 | 61.10 | | 18.50 | 180 | | W_k | 1.0 | 8.69 |
| 7 | | 2 | 1 | 1 | 2.0 | 18.35 | | 18.00 | 100 | | | 3.0 | 25.57 |
| 8 | | 3 | 2 | | 12.0 | 68.08 | | 18.50 | 190 | | | 10.0 | 85.90 |
| 9 | | 4 | 1 | | 11.0 | 41.28 | | 18.00 | 150 | | | 21.5 | 183.08 |
| 10 | | 5 | 1 | | 15.0 | 178.90 | | 19.50 | 300 | | | 34.5 | 300.80 |
| 11 | | 6 | 1 | | 35.0 | 208.77 | | 20.00 | 320 | | | 59.5 | 551.80 |
| 12 | Bedrock | | 2 | | | 482.99 | | 21.00 | 475 | Outcrop | | 77.0 | 730.13 |

Funzione di trasferimento



Spettro di risposta

