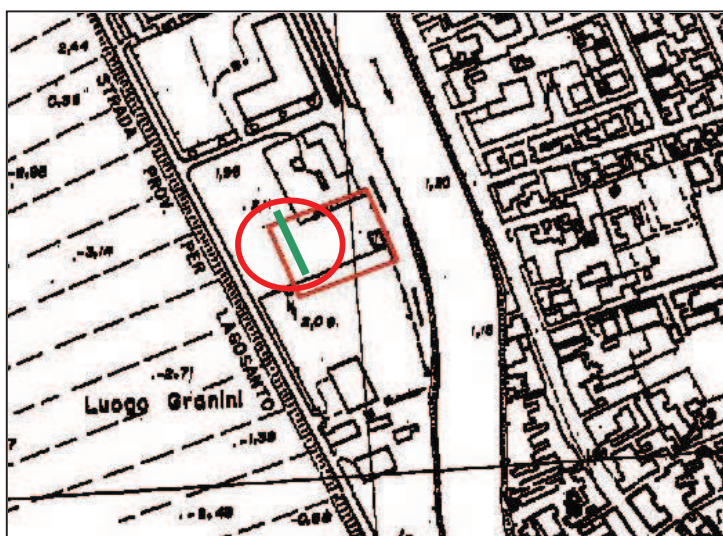


L'indagine sismica consiste nella ricostruzione di un profilo sismico al fine di determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri (V_{S30}).

A tale fine è stata impiegata la tecnica del rumore ambientale (Refraction Microtremor "ReMi") che ha consentito di determinare la sequenza sismica delle onde di taglio nel sottosuolo. Attraverso il valore di V_{S30} è possibile risalire alla categoria di suolo.

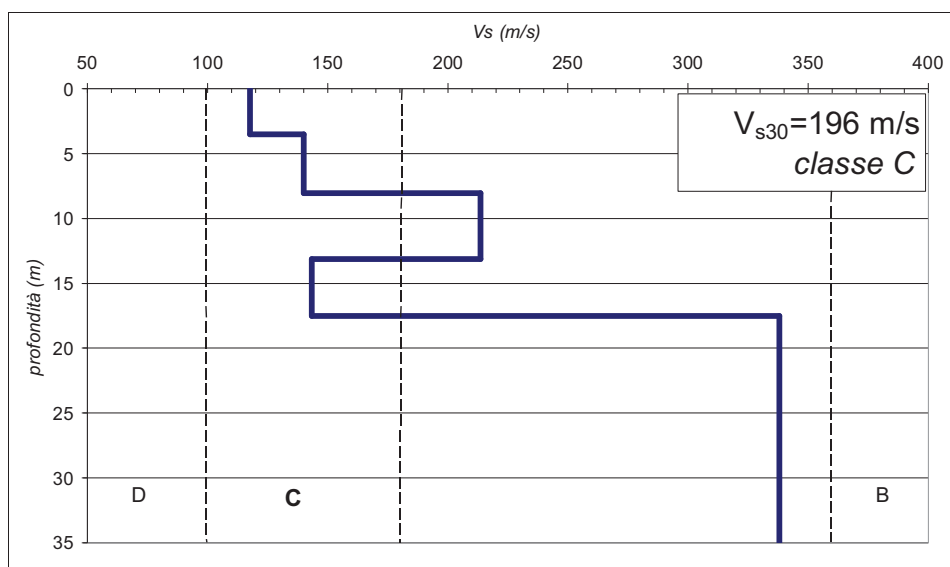
E' stato preso in considerazione un profilo sismico in possesso dello scrivente fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) al fine di determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri (V_{S30}). Il profilo è stato eseguito a nord rispetto all'area in esame sempre in prossimità del Po di Volano



L'area oggetto di indagine è stata investigata in data 22 maggio 2008 mediante l'esecuzione di un profilo sismico "Re.Mi.", della lunghezza complessiva di 69 metri.

Il modello sismico V_s ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da " V_s " comprese tra 117,8 e 338,0 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità Letto (m)	Spessore (m)
1	117,8	3,5	3,5
2	140,0	8,1	4,6
3	213,6	13,1	5,0
4	143,4	17,5	4,4
5	338,0	35	17,5



La V_{s30} misurata è stata di:

$$V_{s30} = 196 \text{ m/s} \pm 4,2 \text{ m/sec}$$

- PGA su suolo rigido 0,079g
- Il fattore di amplificazione F.A. è 1,5.
- Magnitudo da catalogo dei terremoti storici $M_w < 5,0$

19.1 AREA 5 Industriale – CPT37-07

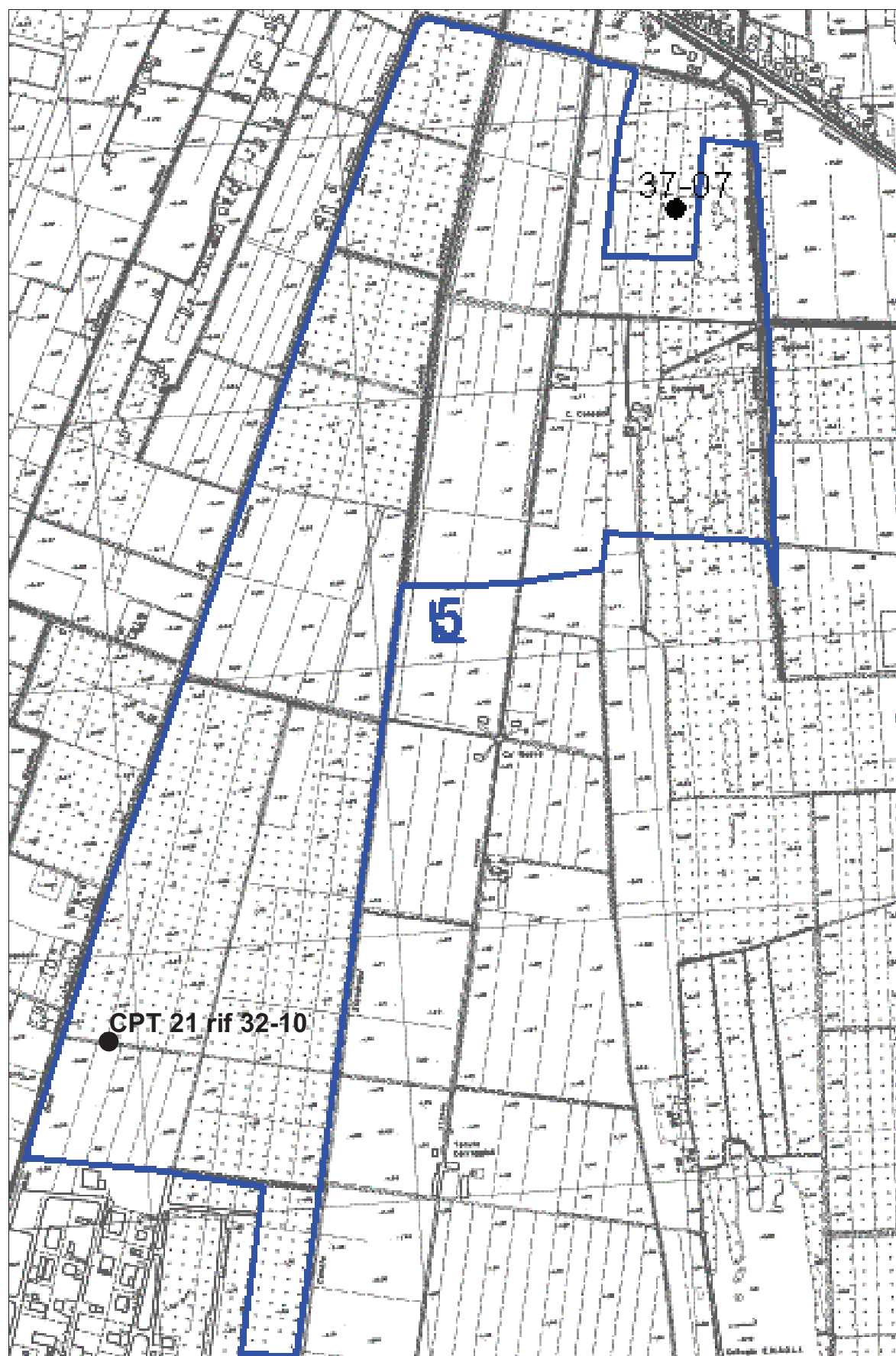


FIGURA 19.1.1 - Area 5, SCALA 1:10.000 e ubicazione prove penetrometriche

L'**AREA 5** è ubicata ad ovest dell'abitato di Caprile, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti urbani (**FIGURA 19.1.1**).

Da un punto di vista geomorfologico il sito sorge su un allineamento di paleodune costiere, la formazione dell'area è riconducibile al VI° - VII° sec. d.C. Si tratta di sedimenti di facies deposizionali ad alta energia idrodinamica, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose. Queste strutture geomorfologiche si sviluppano con allineamenti orientati nord-sud e dimostrano buone continuità stratigrafica, interrotti solamente da alvei o paleoalvei che sfociavano a mare tagliando le antiche linee di costa. Localmente, questi terreni possono essere ricoperti o interdigitati con formazioni più fini, generalmente superficiali, che devono la loro origine a situazioni sub-lagunari di media e bassa energia idrodinamica, ormai bonificate o prosciugate, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia (FIGURA 19.1.2)**. L'area si sviluppa su quote di circa +0,70/-1,40 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

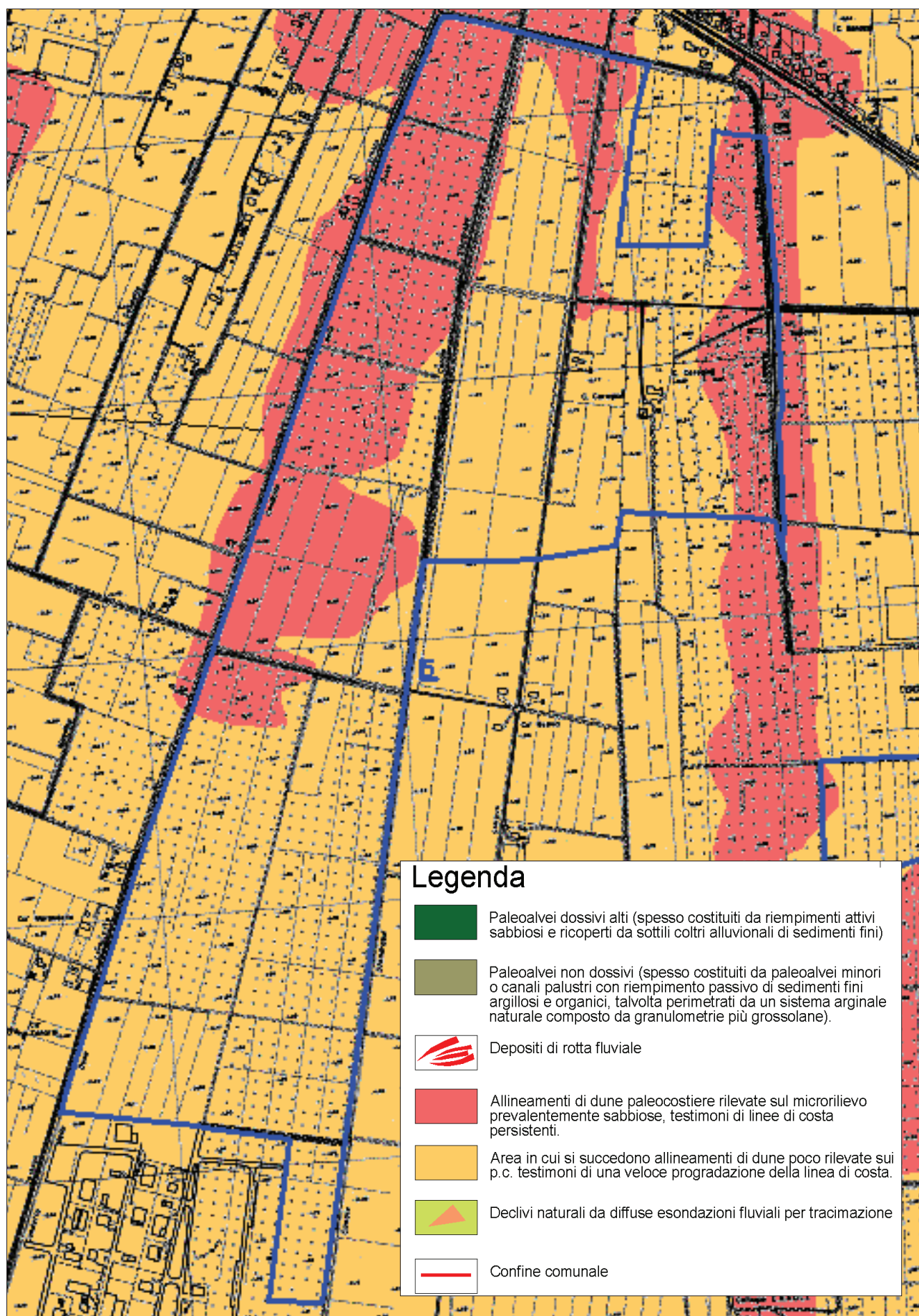


FIGURA 19.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

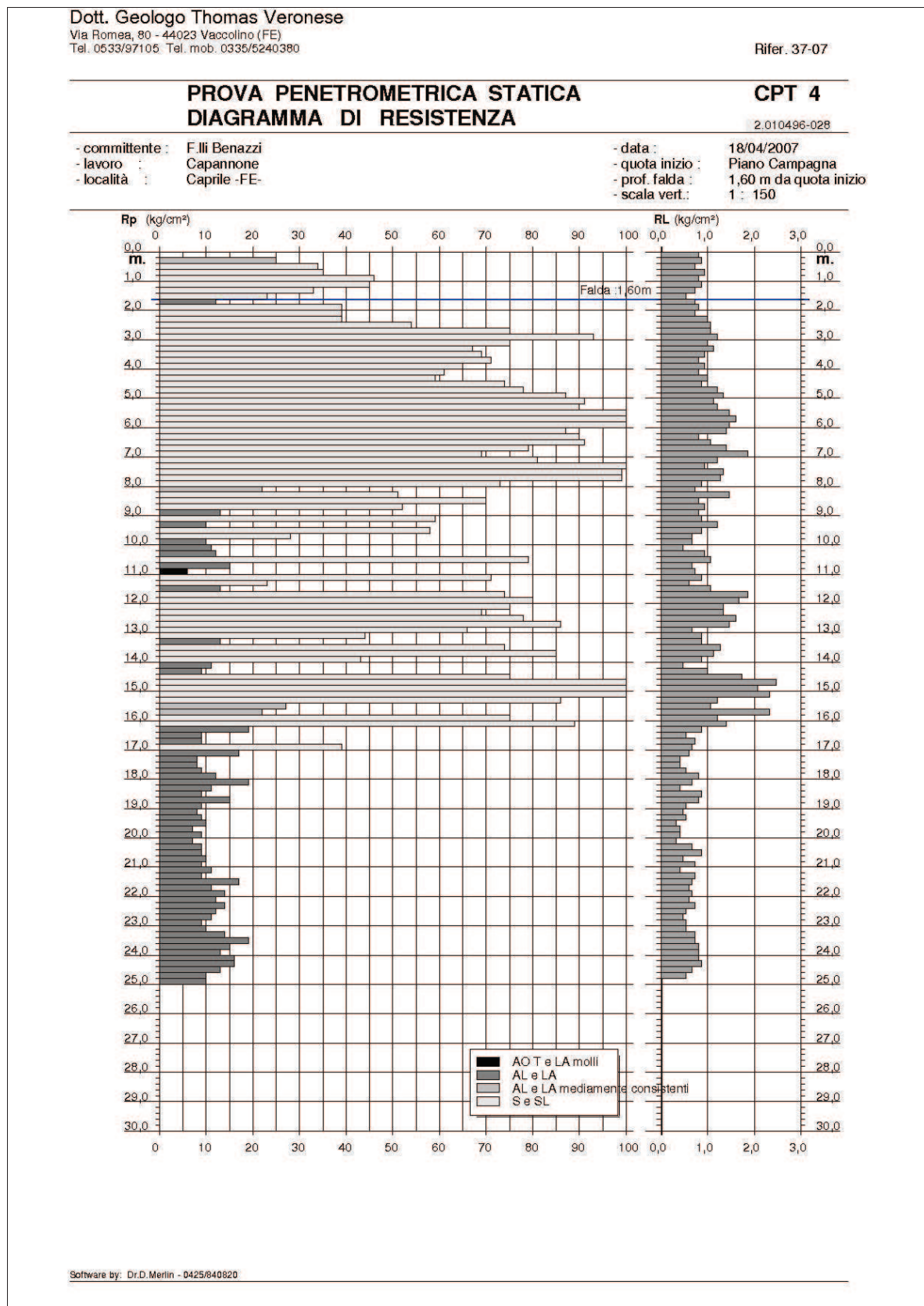
Per la descrizione lito-stratigrafica dell'area viene presa in considerazione una prova penetrometrica statica bibliografica spinta fino alla profondità di -25,00 m da p.c. ed una prova eseguita a 30m di profondità per il PSC (Rif.32-10 CPT21); in **FIGURA 19.1.1** viene riportata l'ubicazione delle due prove.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 19.1.3)**, risultano molto buone.



FIGURA 19.1.3 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 19.1.4** viene riportato il diagramma di resistenza delle prove penetrometriche statiche.



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 21

2.010496-028

- committente : Comune di Codigoro Soc. EMME SERVICE s.r.l.
- lavoro : PSC
- località : Pontemaodino -FE-

- data : 27/04/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 0,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150

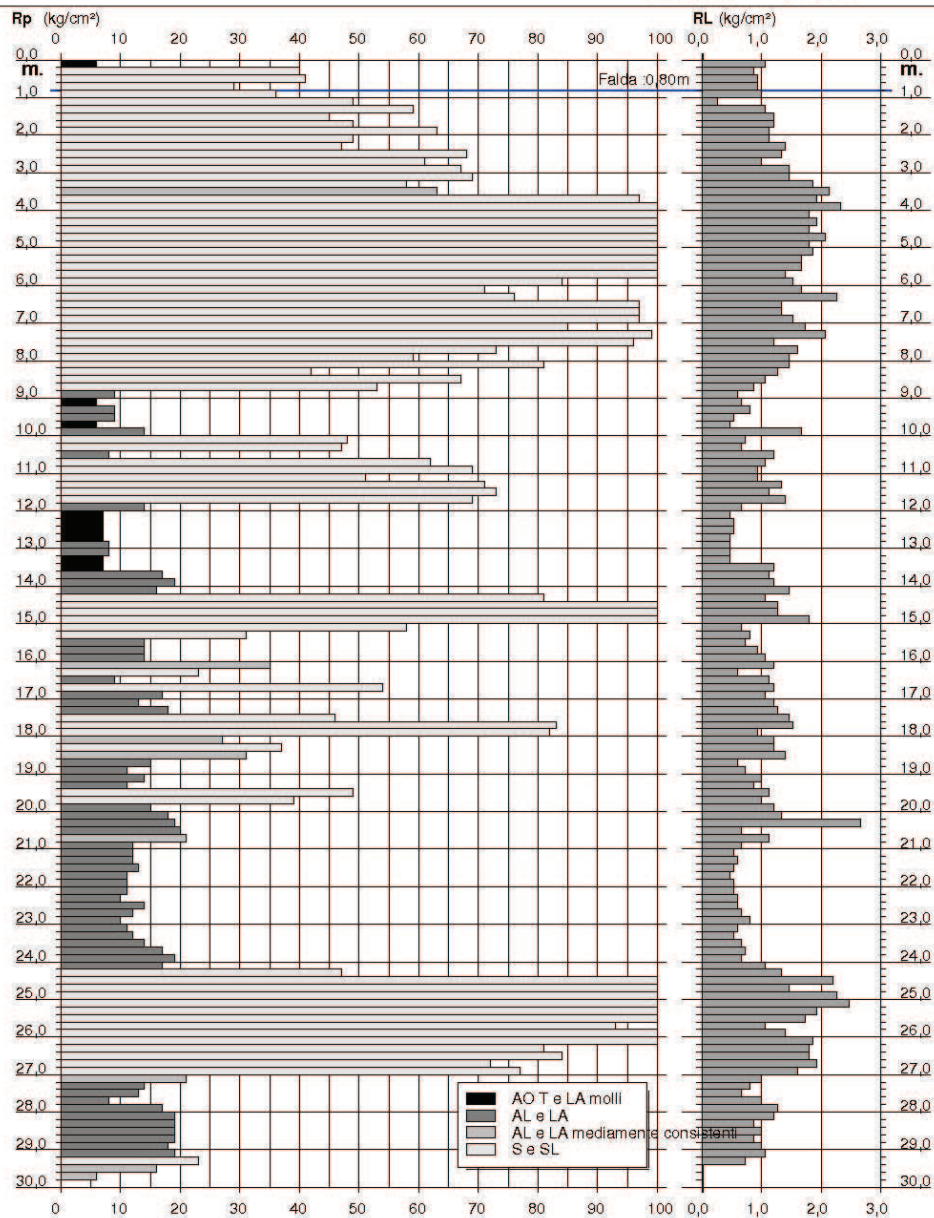


FIGURA 19.1.4 - Diagramma di resistenza delle prove penetrometriche bibliografiche

Nella **Tabella 19.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT4 rif.37-07

strato (m da p.c.)	Rp media (kg/cm ²)	Rp min (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu media (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ
0,20 – 2,40	33,6	12	1,91	0,13	97,6	67,9	26°8
2,40 – 8,60	83,1	54	1,97	--	249,2	77,1	32°8
8,00 – 16,20	52,5	9	1,93	0,21	148,5	35,8	23°1
16,20 – 25,00	12,2	7	1,91	0,53	42,1	--	--

CPT 21 rif. 32-10

strato (m da p.c.)	Rp media (kg/cm ²)	Rp min (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu media (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ
0,20 – 3,60	52,5	29,0	1,93	--	183,0	86,0	31°1
3,60 – 8,80	94,7	42,0	1,99	--	331,5	79,4	33°5
8,80 – 10,00	8,8	6,0	1,75	0,43	33,3	--	--
10,00 – 12,00	51,2	8,0	1,93	--	171,5	41,9	25°3
12,00 – 13,60	7,3	7,0	1,56	0,36	14,5	--	--
13,60 – 20,80	37,3	9,0	1,95	0,45	105,2	18,3	15°8
20,80 – 24,20	12,9	10,0	1,93	0,6	48,1	--	--
24,20 – 27,20	103,8	21,0	2,01	--	363,3	48,1	33°6
27,20 – 30,00	15,0	6,0	1,87	0,57	47,9	--	--

Tabella 19.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

19.1.1 AREA 5 – Riduzione del rischio sismico

- I Livello di approfondimento: la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (**FIGURA 19.1.8**) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per liquefazione dovuta a sabbie sature.



FIGURA 19.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **Il Livello di approfondimento:** si rende necessario effettuare una analisi semplificata per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale. Le stratigrafie rilevate con le prove bibliografiche confermano la presenza di sabbie immerse in falda.

Anche le curve granulometriche delle sabbie rientrano sempre nei fusi da considerarsi passibili del fenomeno della liquefazione.

Di conseguenza questa area necessita anche del III livello di approfondimento.

A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

L'indagine sismica consiste nella ricostruzione di un profilo sismico al fine di determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri (V_{S30}).

La categoria di suolo verrà ricavata da una correlazione empirica tra le misure di q_c e di V_s . Le q_c sono derivate dalla prova CPT21, rifer. 32-10 effettuata il 27/04/2010 e spinta fino a -30,00 m da p.c.. verrà utilizzata la correlazione di *Andrus et al. (2001)*. Tratto da Rivista Geotecnica Italiana, ISSN 0577-1405, Associazione Geotecnica Italiana, Anno XLI, n. 3 – Luglio Settembre 2007 – Giretti, Colombi, Fioravante

Queste correlazioni hanno avuto un buon riscontro nonostante si relazionino stati di deformazione del terreno enormemente diversi: il livello deformativo indotto nel terreno dalla penetrazione della punta penetrometrica provoca la rottura del materiale, mentre le onde di taglio si propagano non intaccando la struttura del terreno, in condizioni di deformazioni praticamente elastiche (Mayne e Rix, 1995; Fahey, 1998,2001; Houlsby, 2001).

Le correlazioni empiriche utilizzate sono state calibrate distinguendo le litologie dei terreni rinvenuti e raggruppandoli in tre famiglie: argille limi e sabbie. Sono state utilizzate le correlazioni proposte da Giretti, Colombi e Fioravante (2007) adattando le formule di *Andrus et al. (2001)*, ai terreni ferraresi.

La formula è la seguente:

$$V_{S1} = ASF \cdot A \cdot (q_{c1N})^\alpha$$

dove:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5} \quad \text{resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;}$$

$$V_{S1} = V_s \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25} \quad \text{velocità corretta per tenere in conto lo stato tensionale verticale;}$$

ASF per depositi Olocenici = 1 (quali sono i depositi presenti nella pianura ferrarese alle profondità indagate) come suggerito da ANDRUS et al.;

A e α sono coefficienti empirici da calibrare sulla base delle misure di q_c e di Vs disponibili;

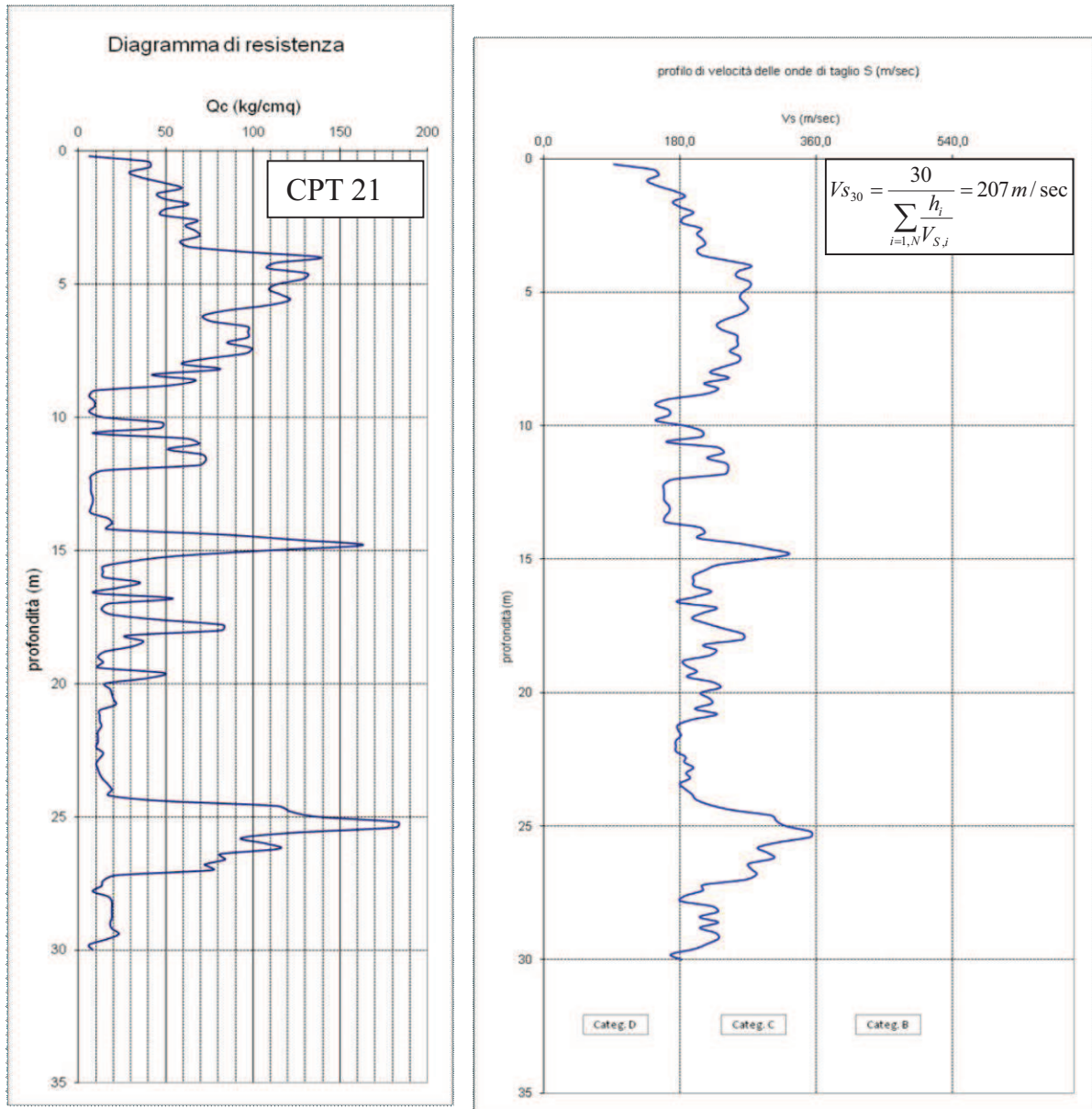
p_a = pressione atmosferica.

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti A e α .

	Argilla	Limo	Sabbia
A	80.64	77.83	53.64
α	0.28	0.24	0.33

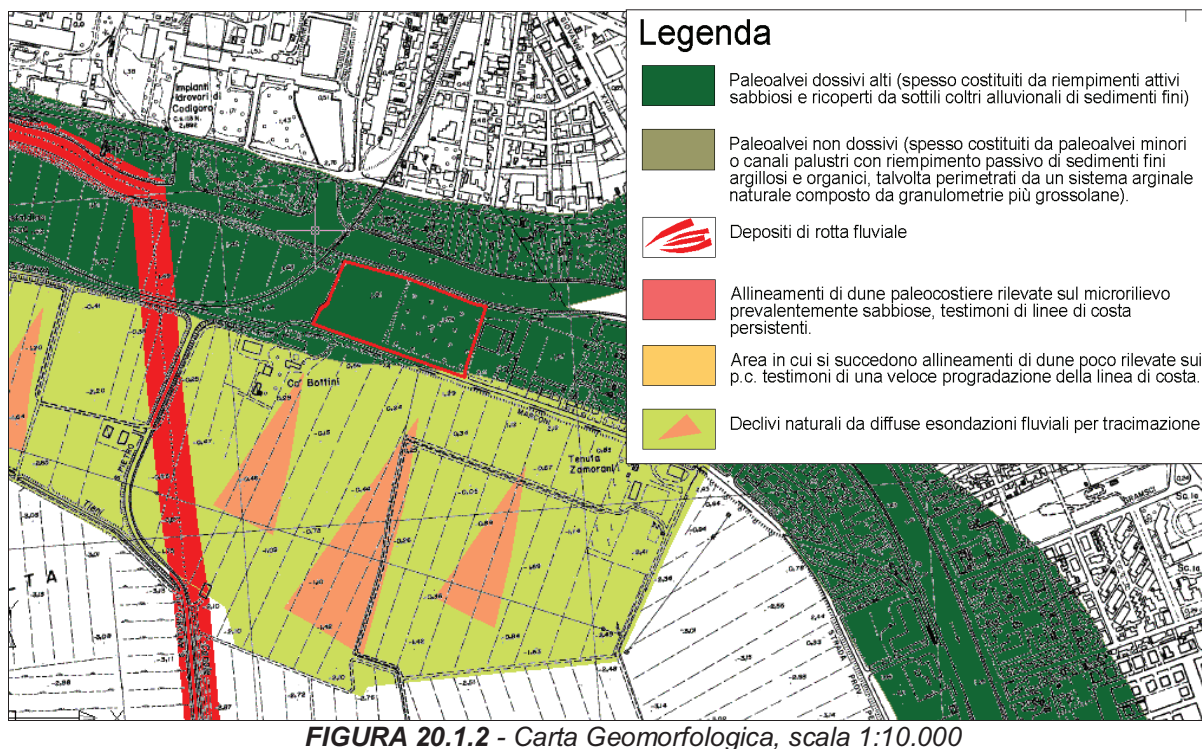
Coefficienti A e α

Nella figura seguente si riporta il profilo dei sismostrati estrapolato dalla prova penetrometrica statica CPT21 in base ai risultati forniti dalla formula di *Andrus et al. (2001)*.

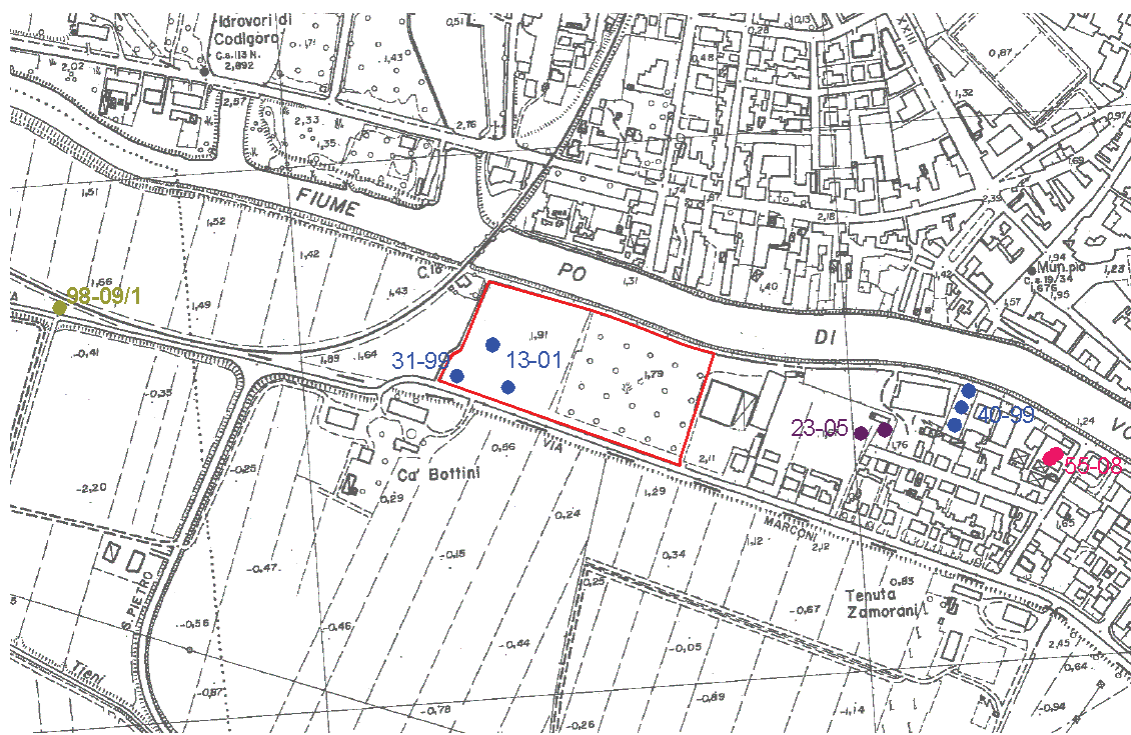


La Vs30 risulta essere pari a 207 m/sec, risultando un suolo di categoria C secondo il D.M. 14/01/2008, mentre l'amplificazione sismica è F.A. =1,5 secondo l'atto di indirizzo 112/2007.

- PGA su suolo rigido 0,079g
- Il fattore di amplificazione F.A. è 1,5.
- Magnitudo da catalogo dei terremoti storici Mw<5,0



Per la ricostruzione del modello geologico vengono prese in considerazione le numerose indagini bibliografiche eseguite dallo scrivente sempre in corrispondenza di questa forma morfologica, l'indagine sono spinte tra -7,0m e -14m da p.c., in **FIGURA 20.1.3** viene riportata l'ubicazione delle prove.



Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 20.1.5)**, risultano scarse.

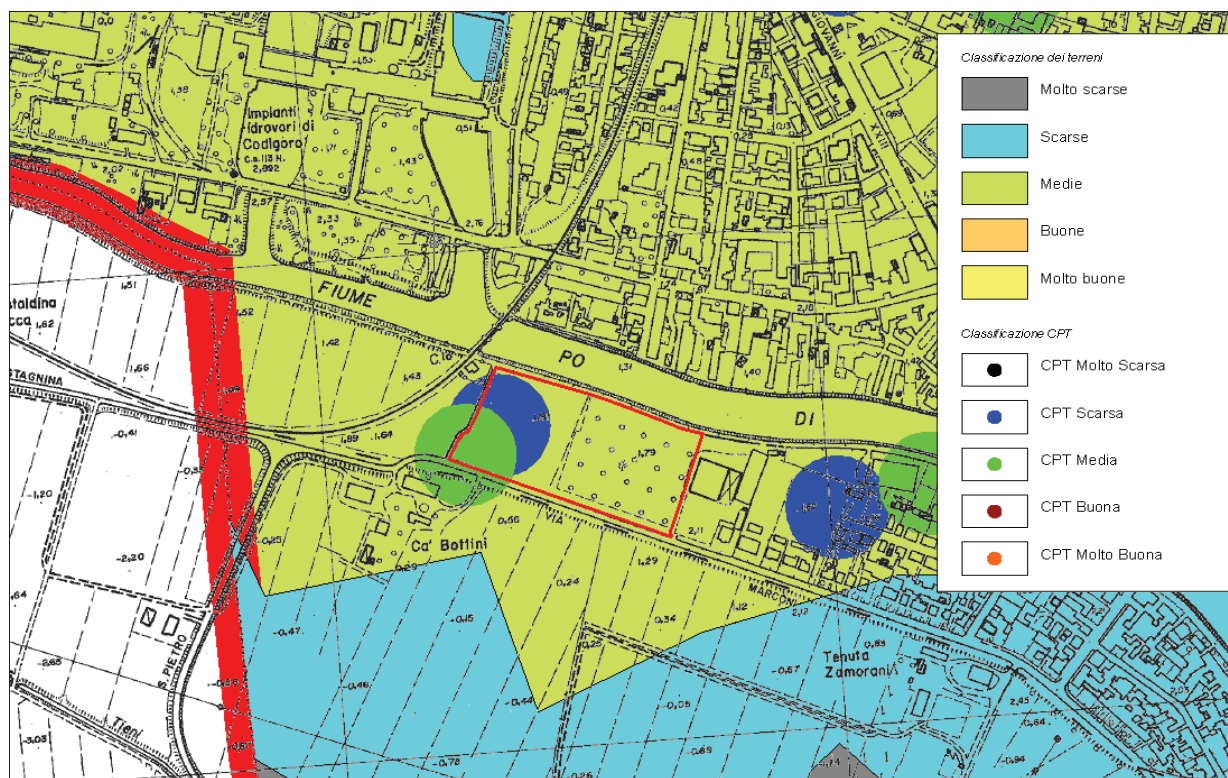
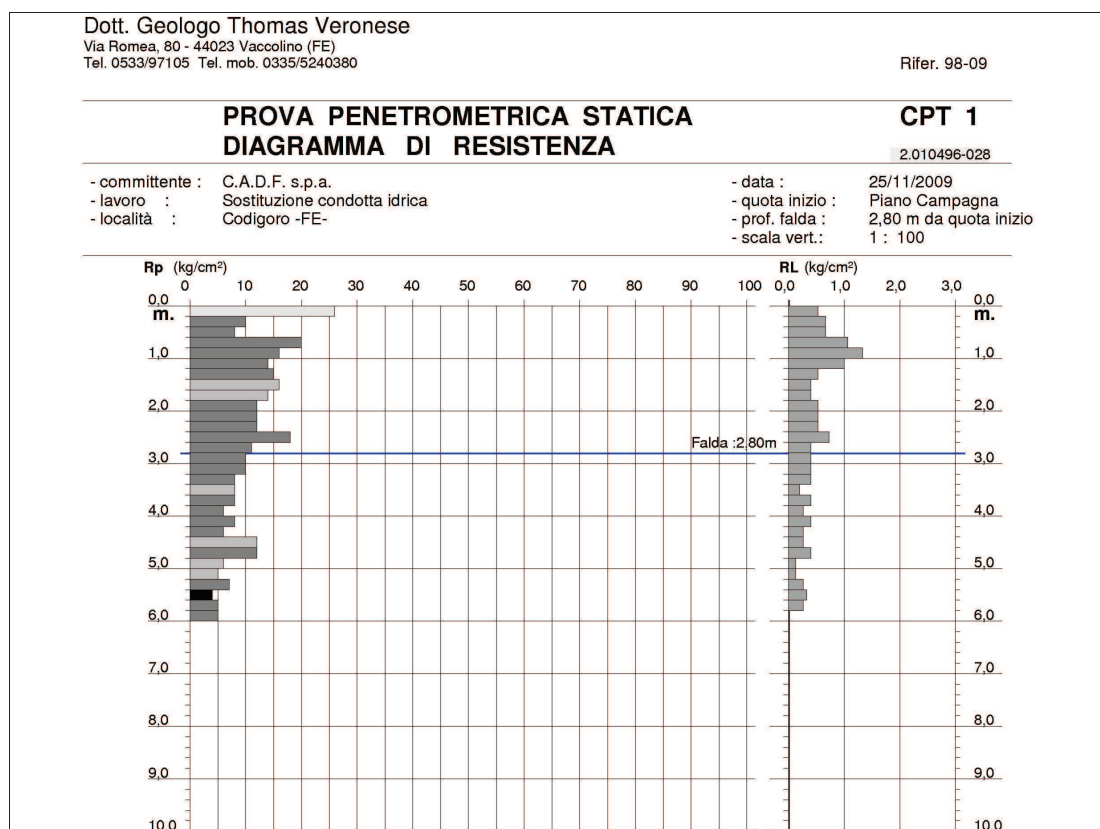


FIGURA 20.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In FIGURA 20.1.7 vengono riportati i diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche statiche.



Dott. Geologo Thomas Veronese
Via Romea, 80 - 44023 Vaccolino (FE)
Tel. 0533/97105 Tel. mob. 0335/5240380

Rifer. 13-01

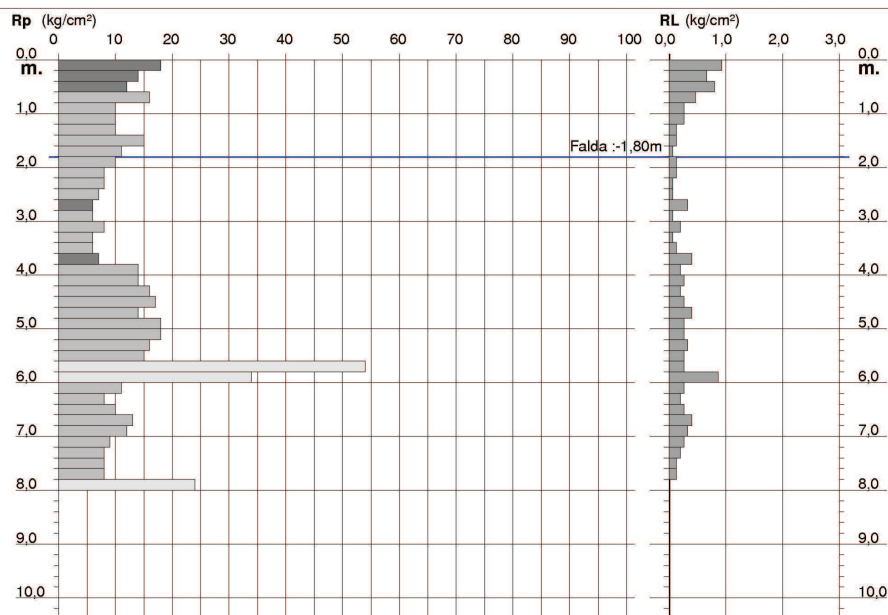
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : Edil-TRE
- lavoro : civile abitazione
- località : Codigoro (FE)

- data : 17/02/2001
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : -1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



Dott. Geologo Thomas Veronese
Via Romea, 80 - 44023 Vaccolino (FE)
Tel. 0533/97105 Tel. mob. 0335/5240380

Rifer. 23-05

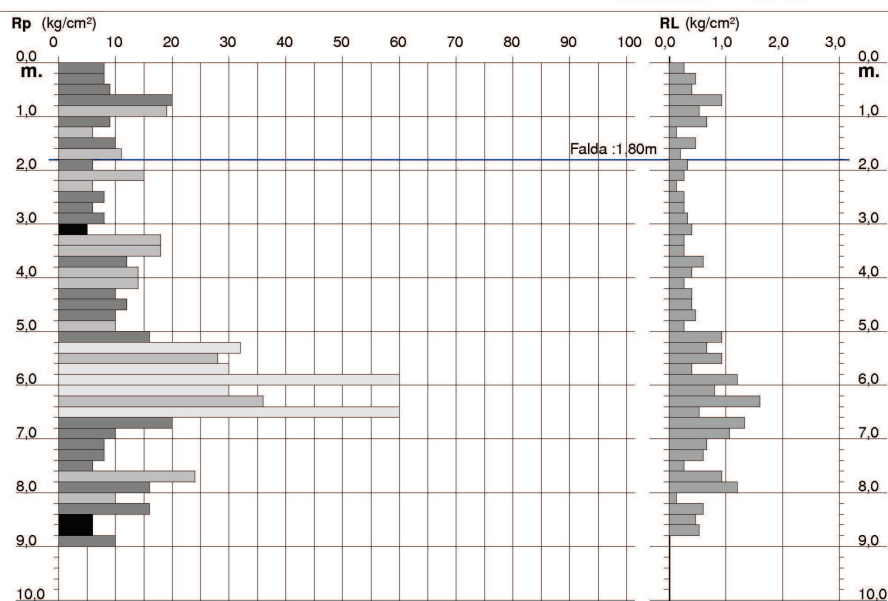
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : EDILCODIGORO di Bighi Luciano
- lavoro : Parziale ristrutturazione e nuova costruzione
- località : Codigoro -FE-

- data : 04/03/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



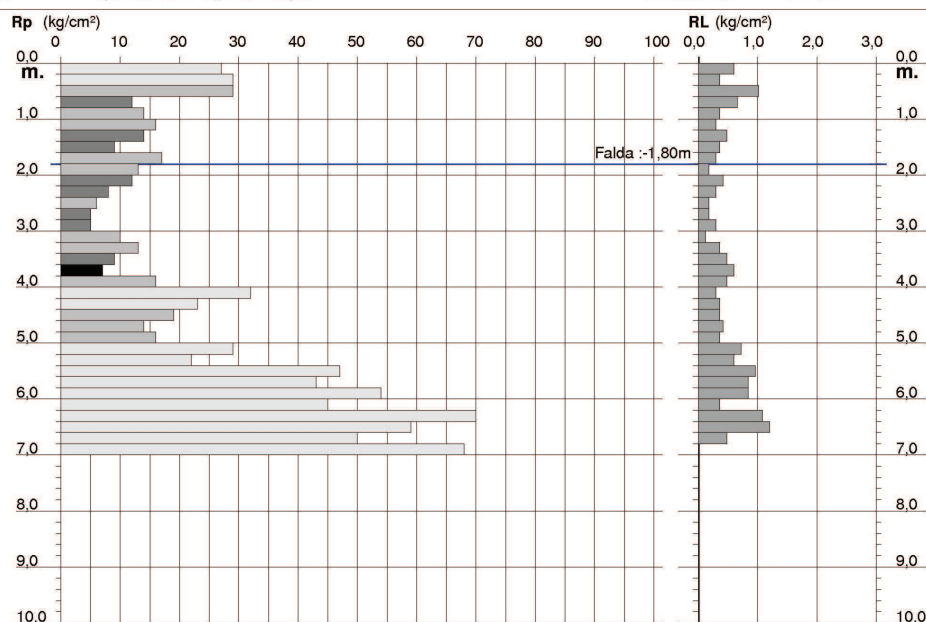
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : Pilichi Dimitri
- lavoro : Costruzione deposito-ufficio-abitazione
- località : Codigoro (FE)
- note : riporto fino a -0,60m dal p.c.

- data : 08/06/1999
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : -1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



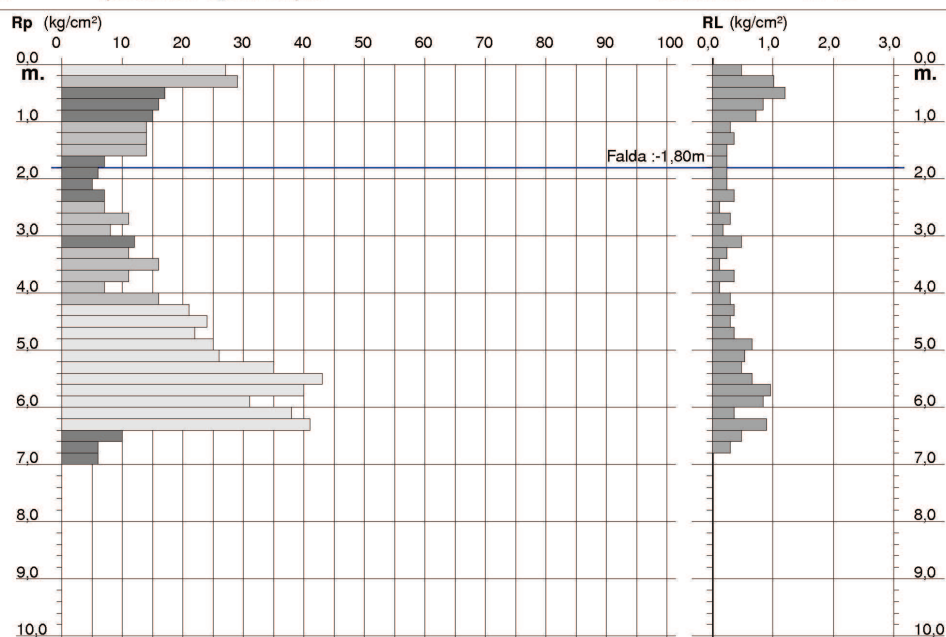
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-028

- committente : Pilichi Dimitri
- lavoro : Costruzione deposito-ufficio-abitazione
- località : Codigoro (FE)
- note : riporto fino a -0,60m dal p.c.

- data : 08/06/1999
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : -1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



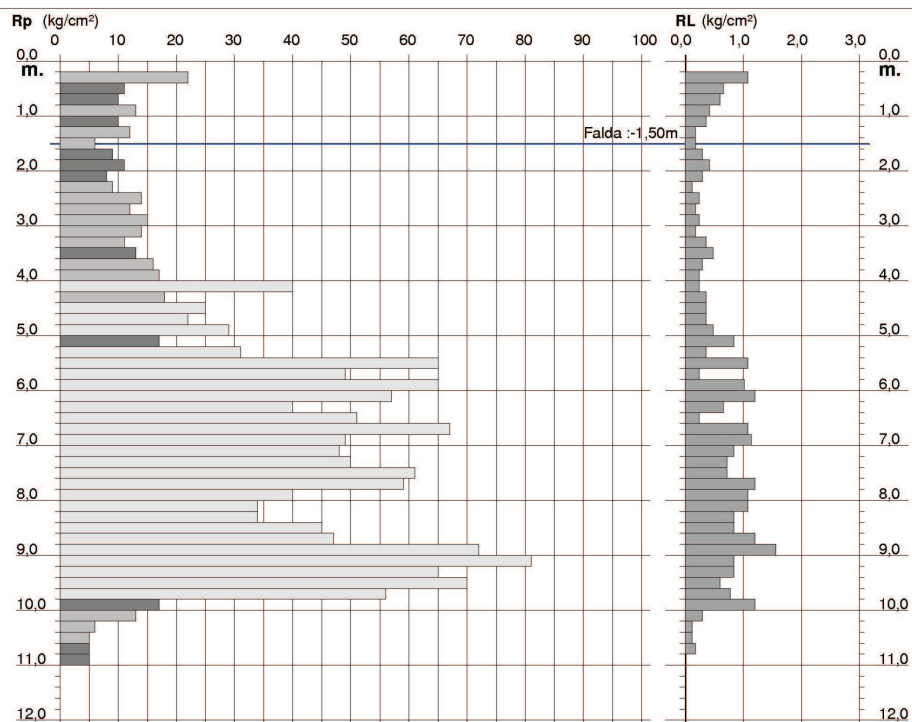
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : Coop. Edilizia Corbolese
- lavoro : costruzione fabbricati civile abitazione
- località : Codigoro (FE)

- data : 11/08/1999
- quota inizio : piano pavimentazione
- prof. falda : -1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : Finocchiario F. e Forlani D.
- lavoro : ristrutturazione con parziale demolizione
- località : via Pisacane 4-6 Codigoro
- note : primi 80 cm terreno di riporto

- data : 19/05/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100

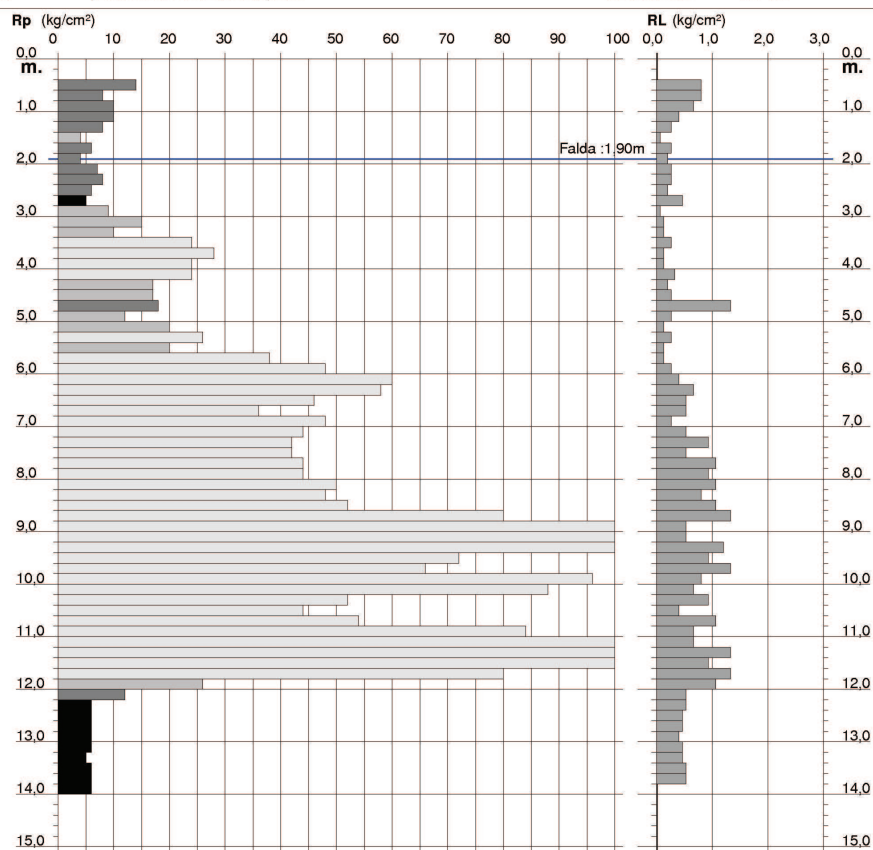


FIGURA 20.1.7 - Diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche

Nella **Tabella 20.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT1 (Rif. 55-08)

strato (m da p.c.)	Rp media (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu media (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}
0,6 – 3,4	7,90	1,79	0,39	32,50	5%	123°
3,4 – 5,6	20,90	1,89	0,40	67,50	29%	24°9
5,6 – 8,6	46,70	1,91	--	163,30	51%	30°8
8,6 – 12,2	79,10	1,97	--	274,60	58%	30°9
12,2 – 14,0	5,90	1,50	0,29	16,20	--	--

Tabella 20.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

20.1.1 AREA 32 Residenziale – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la **Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 20.1.8)** mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di depositi sabbiosi di origine fluviale immersi in falda.

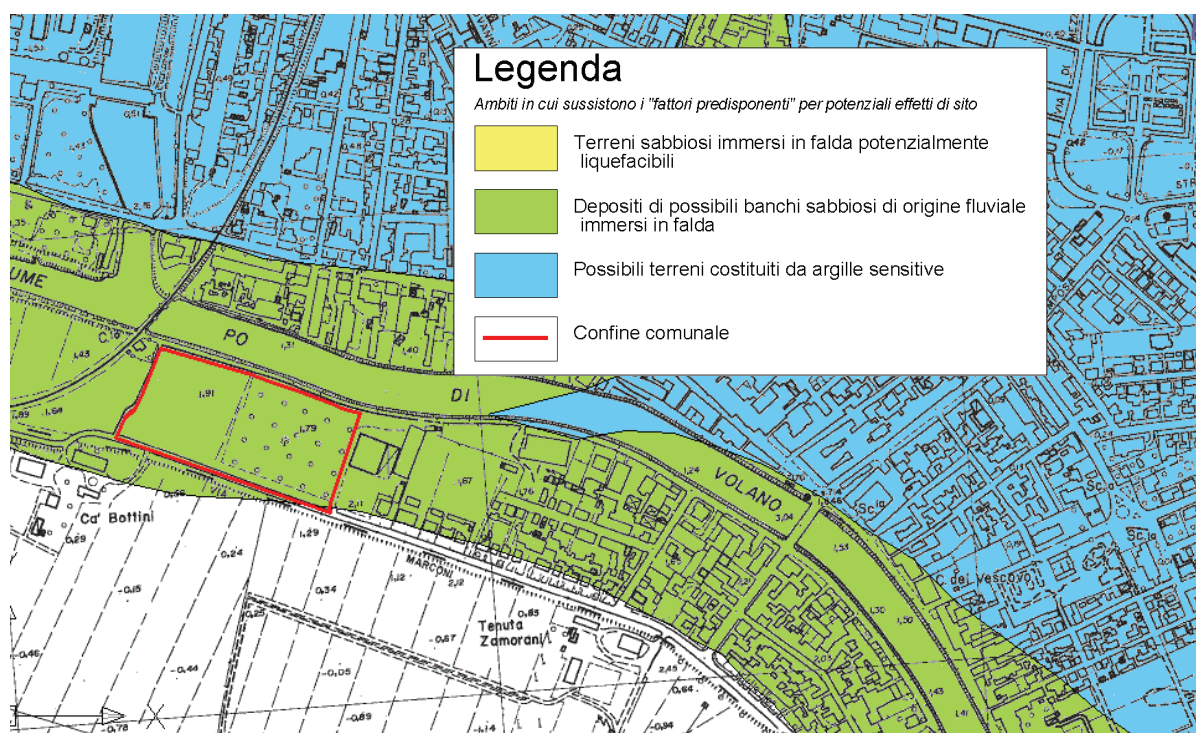


FIGURA 20.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **Il Livello di approfondimento:** si rende necessario effettuare una analisi semplificata per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale. La stratigrafia rilevata con la prova conferma la presenza di sabbie di paleoalveo immerse in falda.

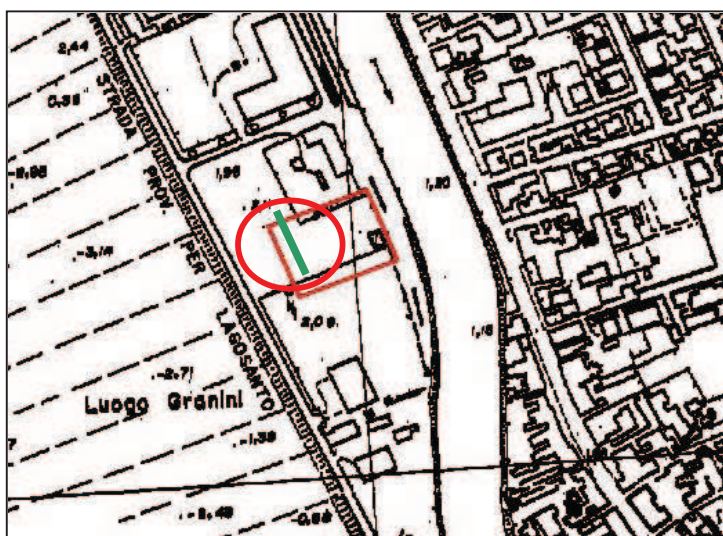
Di conseguenza questa area necessita anche del III livello di approfondimento.

A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

L'indagine sismica consiste nella ricostruzione di un profilo sismico al fine di determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri (V_{S30}).

A tale fine è stata impiegata la tecnica del rumore ambientale (Refraction Microtremor "ReMi") che ha consentito di determinare la sequenza sismica delle onde di taglio nel sottosuolo. Attraverso il valore di V_{S30} è possibile risalire alla categoria di suolo.

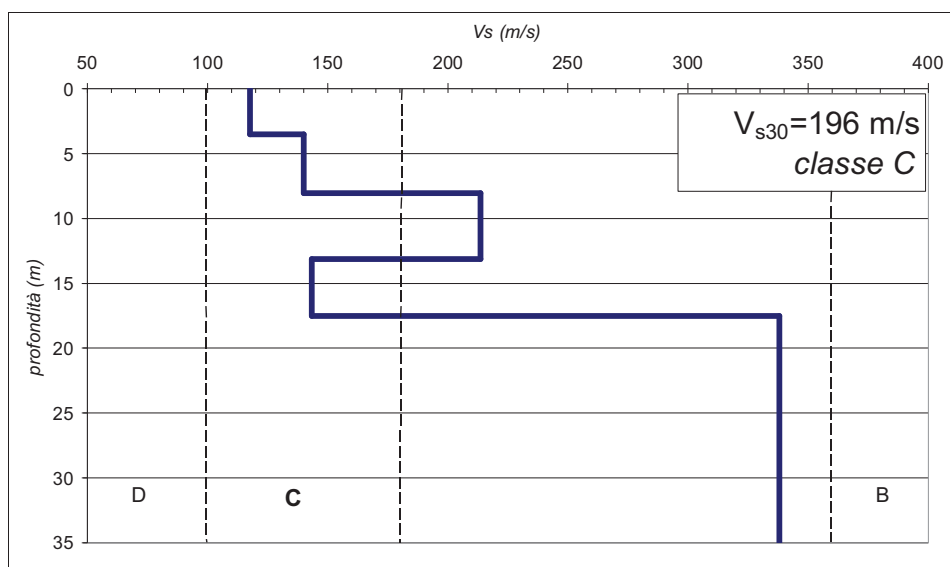
E' stato preso in considerazione un profilo sismico in possesso dello scrivente fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) al fine di determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri (V_{S30}). Il profilo è stato eseguito a nord rispetto all'area in esame sempre in prossimità del Po di Volano



L'area oggetto di indagine è stata investigata in data 22 maggio 2008 mediante l'esecuzione di un profilo sismico "Re.Mi.", della lunghezza complessiva di 69 metri.

Il modello sismico V_s ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da " V_s " comprese tra 117,8 e 338,0 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità Letto (m)	Spessore (m)
1	117,8	3,5	3,5
2	140,0	8,1	4,6
3	213,6	13,1	5,0
4	143,4	17,5	4,4
5	338,0	35	17,5



La V_{s30} misurata è stata di:

$$V_{s30} = 196 \text{ m/s} \pm 4,2 \text{ m/sec}$$

- PGA su suolo rigido 0,079g
- Il fattore di amplificazione F.A. è 1,5.
- Magnitudo da catalogo dei terremoti storici $M_w < 5,0$

AMBITI DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

21.1 A.R. EX COLOMBANI E EX ZUCCHERIFICIO

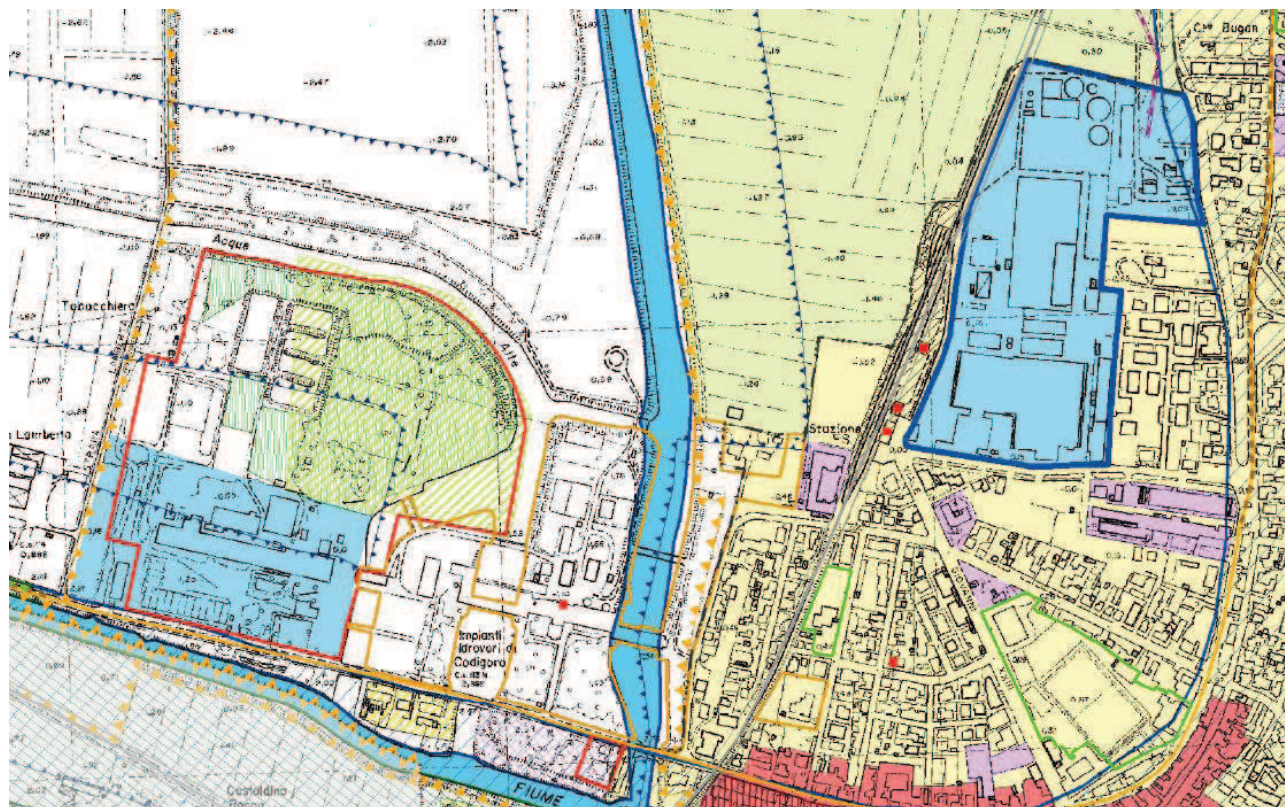
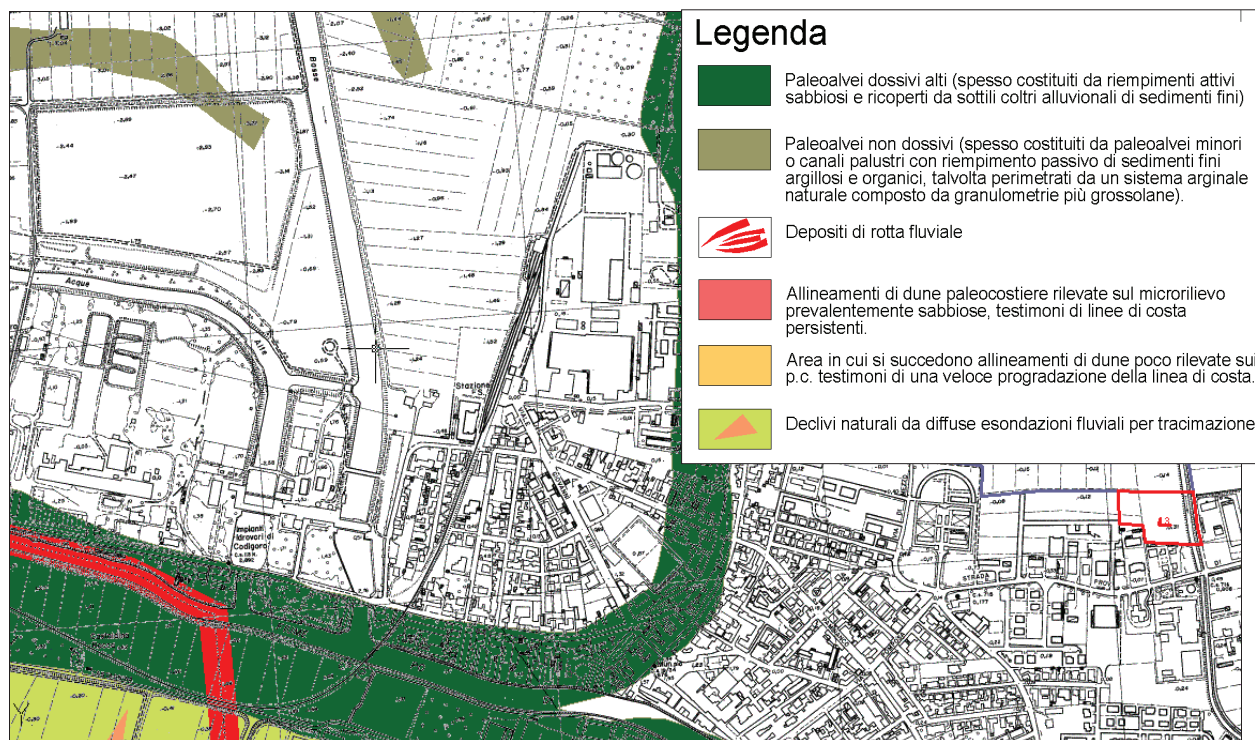


FIGURA 21.1.1 – Area EX COLOMBANI, EX ZUCCHERIFICIO SCALA 1:10.000

L'**AREA EX COLOMBANI** e l'**AREA EX ZUCCHERIFICIO** sono ubicate a nord-ovest dell'abitato di Codigoro, ed sono indicate come ambiti di riqualificazione urbana per potenziali nuovi insediamenti residenziali o attività compatibili (**FIGURA 21.1.1**).

Le due aree di intervento ricadono appena esterne al paleoalveo del fiume Po di Volano e al Paleoalveo del fiume Gaurus, diramazione del paleoalveo del Po di Volano che congiunge Codigoro con Ariano. Il paleoalveo del Gaurus ha la caratteristica di essere molto stretto, ma costituito da uno spessore interessante di sabbie; appena al di fuori di questo prevalgono i soliti sedimenti molli o fanghi su cui sorge Codigoro. Si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia** (**FIGURA 21.1.2**). L'area si sviluppa su quote di circa +0,10/+0,20 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.



Per la ricostruzione del modello geologico vengono prese in considerazione le numerose indagini bibliografiche eseguite dallo scrivente all'interno dell'area. Vengono riportate le due indagini spinte a -20,0m da p.c., in **FIGURA 21.1.3** viene riportata l'ubicazione delle prove.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 21.1.5)**, risultano scarse.

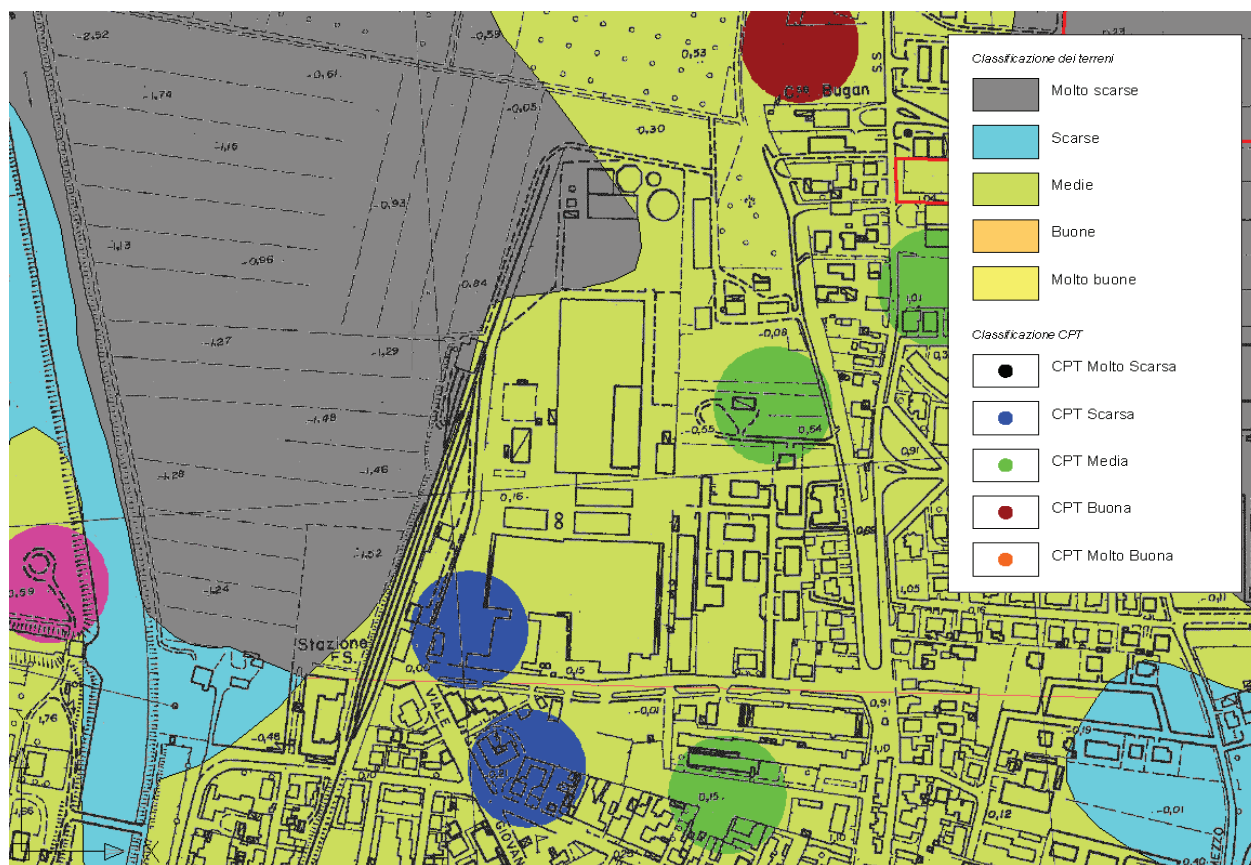


FIGURA 21.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 21.1.7** vengono riportati i diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche statiche.

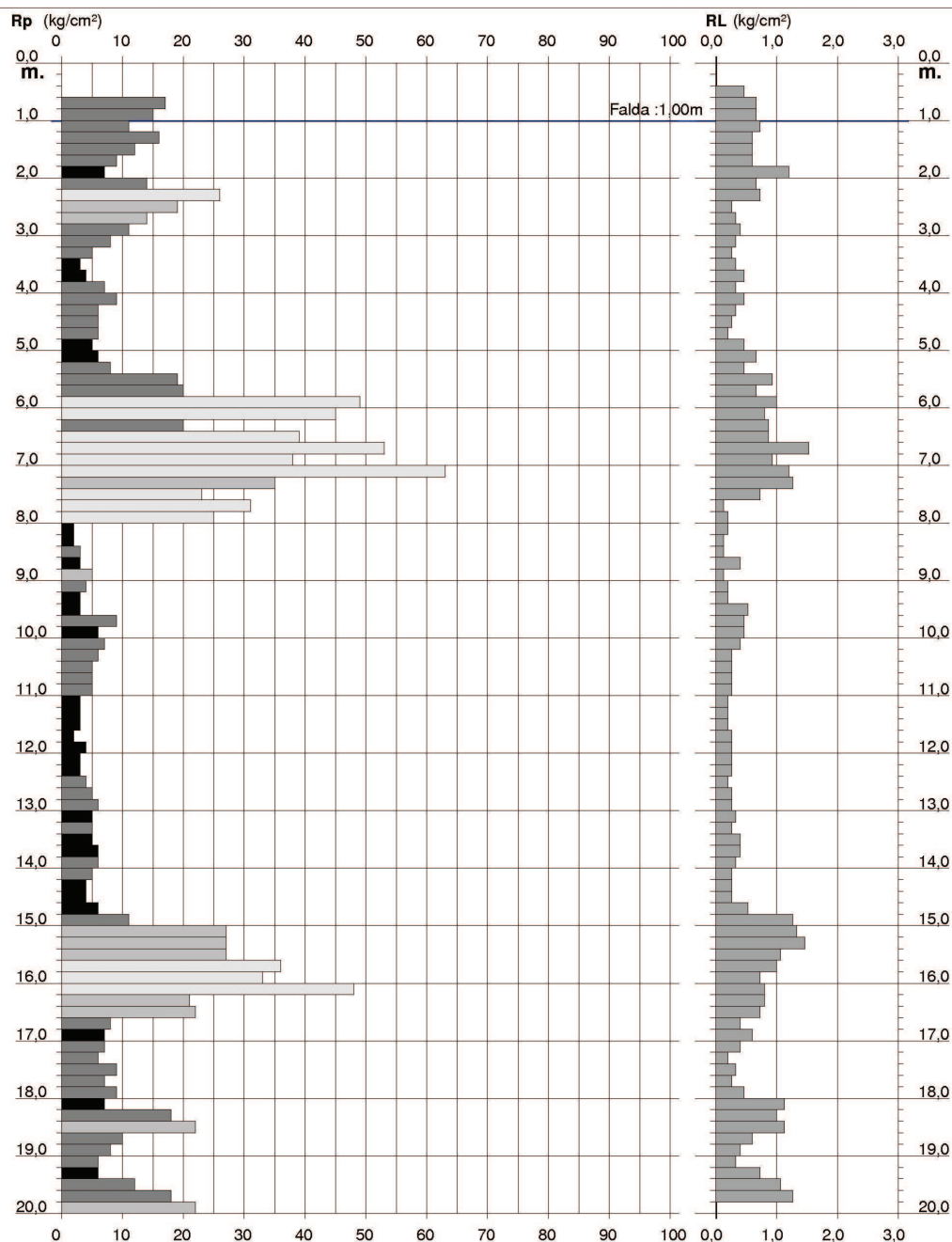
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 6

2.010496-028

- committente : TECNICOOP s.c.r.l.
- lavoro : Piano Particolareggiato
- località : Codigoro
- note : Preforo 0.60m

- data : 09/01/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



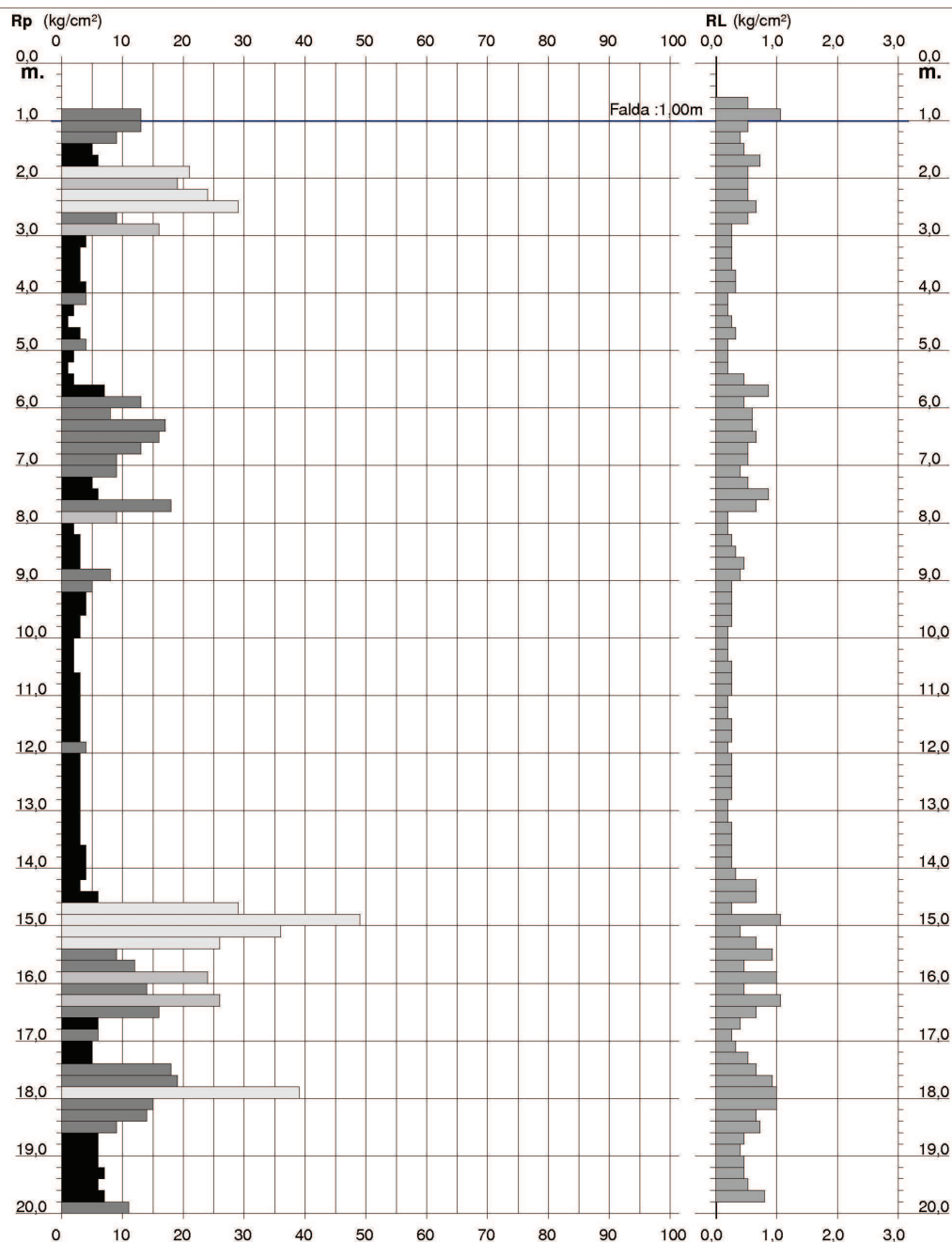
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : TECNICOOP s.c.r.l.
- lavoro : Piano Particolareggiato
- località : Codigoro
- note : Preforo 0.80m

- data : 09/01/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

FIGURA 21.1.7 - Diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche

Tale situazione stratigrafica accomuna l'area Ex Colombani con l'area Ex Zuccherificio, motivo per cui vengono trattate assieme.

Nella **Tabella 21.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT1 strato (m dal p.c.)	Rp _{media} (kg/cm ²)	Rp _{minima} (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu _{media} (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)	φ_{my}
0.8– 3.0	14.9	5	1.80	0.38	39.5	22.9	12° .5
3.0 – 5.6	2.8	1	1.51	0.14	10.5	--	--
5.6 – 8.0	10.8	5	1.80	0.50	51.9	--	--
8.0 – 14.6	3.4	2	1.49	0.17	12.2	--	--
14.6 – 16.6	24.1	9	1.91	0.42	71.5	18.4	20° .0
16.6 – 17.4	5.5	5	1.55	0.28	21.8	--	--
17.4 – 18.6	19.0	9	1.94	0.55	62.5	--	--
18.6 – 20.0	7.0	6	1.52	0.35	26.7	--	--

CPT6 strato (m dal p.c.)	Rp _{media} (kg/cm ²)	Rp _{minima} (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu _{media} (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)	φ_{my}
0.6 – 3.0	14.3	7	1.87	0.55	59.5	11.0	--
3.0 – 5.4	6.1	3	1.71	0.30	28.2	--	--
5.4 – 8.0	35.4	19	1.91	0.27	118.7	42.4	27° .2
8.0 – 14.8	4.4	2	1.61	0.22	18.9	--	--
14.8 – 16.6	28.0	11	1.92	0.56	93.7	21.1	25° .4
16.6 – 20.0	10.7	6	1.81	0.49	51.7	--	--

Tabella 21.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

21.1.1 AREA DI RIQUALIFICAZIONE URBANA EX COLOMBANI-EX ZUCCHERIFICIO – Riduzione del rischio sismico

- I Livello di approfondimento: la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (**FIGURA 21.1.8**) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di fanghi molli, sovrastanti alle sabbie pleistoceniche più profonde. Questo contrasto di rigidità favorisce l'amplificazione sismica.



Legenda

Ambiti in cui sussistono i "fattori predisponenti" per potenziali effetti di sito

- Terreni sabbiosi immersi in falda potenzialmente liquefacibili
- Depositi di possibili banchi sabbiosi di origine fluviale immersi in falda
- Possibili terreni costituiti da argille sensitive
- Confine comunale

FIGURA 21.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **Il Livello di approfondimento:** si rende necessario effettuare una analisi semplificata per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale. La stratigrafia rilevata con la prova conferma la presenza di terreni coesivi soffici con coesione inferiore a 70kPa e potenziale Indice di Plasticità superiore al 30%.

Di conseguenza questa area necessita anche del III livello di approfondimento.

A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

Viene riportata la misura di Vs30 fatta per un sito a poche decine di metri a sud, con la stessa situazione stratigrafica.

La correlazione utilizzata è stata proposta da Andrus et al. (2001) ed utilizza valori di qc e di Vs30 normalizzati rispetto allo stato tensionale, in questa formula non viene tenuto conto dell'attrito laterale fs e viene introdotto un coefficiente correttivo per l'età del deposito che viene indicato con ASF. Questo coefficiente viene utilizzato per tenere conto delle diverse caratteristiche

di deformabilità e tessitura dei terreni risalenti al periodo Pleistocenico rispetto ai più recenti depositi Olocenici.

La correlazione è la seguente:

$$V_{s1} = ASF \cdot A \cdot (q_{c1N})^\alpha$$

dove:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5} \quad \text{resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;}$$

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25} \quad \text{velocità corretta per tenere in conto lo stato tensionale verticale;}$$

ASF per depositi Olocenici = 1 (quali sono i depositi presenti nella pianura ferrarese alle profondità indagate) come suggerito da ANDRUS et al.;

A e α sono coefficienti empirici da calibrare sulla base delle misure di q_c e di V_s disponibili;

p_a = pressione atmosferica.

Nella **Tabella 5.1** sono riportati i coefficienti A e α .

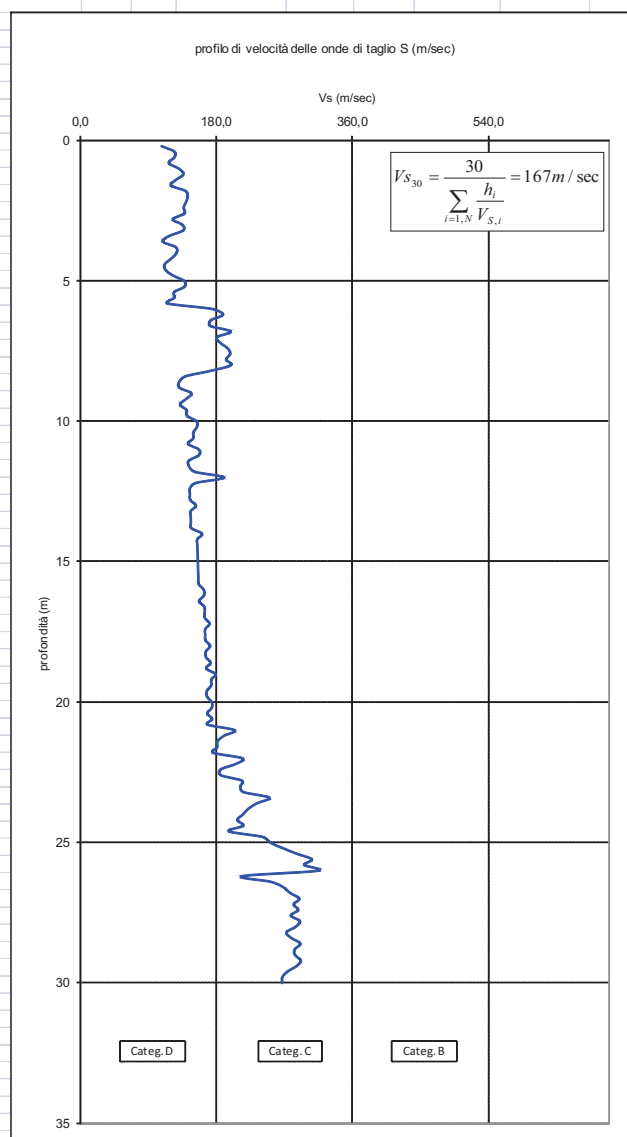
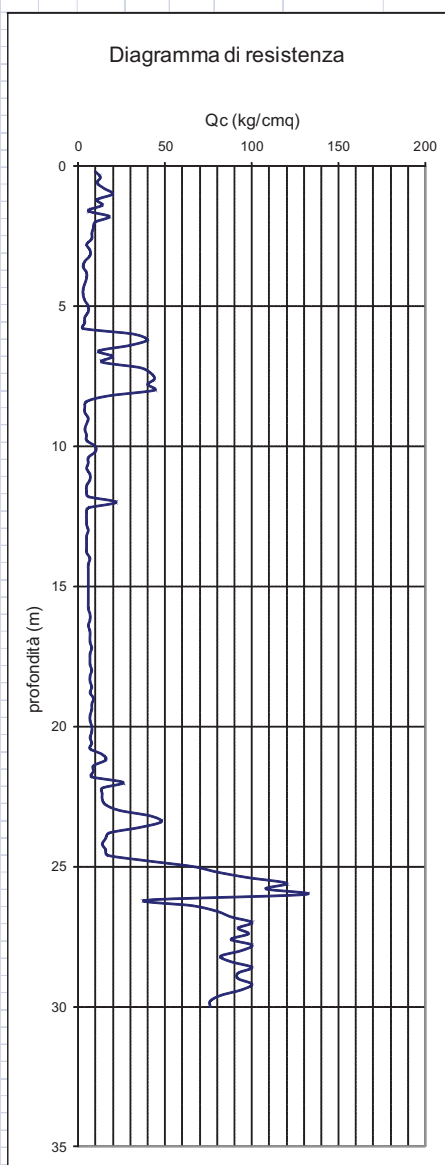
	Argilla	Limo	Sabbia
A	80.64	77.83	53.64
α	0.28	0.24	0.33

Tabella 5.1 – Coefficienti A (m/s) e α

Di seguito è riportata la tabella con i valori per il calcolo della Vs30 e il profilo sismico verticale delle Vs ottenuto per l'area in esame.

		Località: CODIGORO		CPT di riferimento 103-08		Data esecuzione CPT:											
		profondità prova: 30 m															
Falda:	0,8	m															
periodo fondamentale T1 = 0,66 sec						ANDRUS V _{s30}											
						167,83 m/sec											
media pesata delle velocità delle onde di taglio																	
Dobry et al. 1976 modificato in Linee Guida AGI 2005																	
periodo fondamentale T1 = 0,72 sec																	
Somma dei periodi naturali di ciascuno strato																	
pr.	RP	RP/RL	Z1	Z2	DH	mezzo strat	litologia	qc(kg/cm2)	σ ⁿ (kg/cm2)	A	a	Vs I	Vs I	DH/Vs I	σ ⁿ (kg/cm2)	σ ⁿ (kg/cm2)	H I * Vs I
0,2	10	10	0	0,2	0,2	0,1	ARGILLA	10	0,037	80,64	0,28	243,8	106,9	0,0	0,037	-0,014	21,4
0,4	13	10	0,2	0,4	0,2	0,3	ARGILLA	13	0,074	80,64	0,28	238,1	124,2	0,0	0,074	0,04	24,8
0,6	11	10	0,4	0,6	0,2	0,5	ARGILLA	11	0,111	80,64	0,28	214,7	123,9	0,0	0,111	0,094	24,8
0,8	15	30	0,6	0,8	0,2	0,7	UMO	15	0,148	77,83	0,24	187,5	116,3	0,0	0,148	0,148	23,3
1	20	30	0,8	1	0,2	0,9	UMO	20	0,202	77,83	0,24	193,5	129,7	0,0	0,185	0,202	25,9
1,2	11	10	1	1,2	0,2	1,1	ARGILLA	11	0,256	80,64	0,28	191,0	135,8	0,0	0,222	0,256	27,2
1,4	14	30	1,2	1,4	0,2	1,3	UMO	14	0,31	77,83	0,24	168,8	125,9	0,0	0,259	0,31	25,2
1,6	6	10	1,4	1,6	0,2	1,5	ARGILLA	6	0,364	80,64	0,28	153,4	119,2	0,0	0,296	0,364	23,8
1,8	18	30	1,6	1,8	0,2	1,7	UMO	18	0,418	77,83	0,24	172,9	139,0	0,0	0,333	0,418	27,8
2	10	11	1,8	2	0,2	1,9	ARGILLA	10	0,472	80,64	0,28	170,7	141,5	0,0	0,337	0,472	28,3
2,2	9	11	2	2,2	0,2	2,1	ARGILLA	9	0,526	80,64	0,28	163,2	139,0	0,0	0,407	0,526	27,8
2,4	8	11	2,2	2,4	0,2	2,3	ARGILLA	8	0,58	80,64	0,28	155,8	136,0	0,0	0,444	0,58	27,2
2,6	8	11	2,4	2,6	0,2	2,5	ARGILLA	8	0,634	80,64	0,28	153,9	137,3	0,0	0,481	0,634	27,5
2,8	5	11	2,6	2,8	0,2	2,7	ARGILLA	5	0,688	80,64	0,28	133,4	121,4	0,0	0,518	0,688	24,3
3	7	11	2,8	3	0,2	2,9	ARGILLA	7	0,742	80,64	0,28	145,0	134,6	0,0	0,555	0,742	26,9
3,2	7	11	3	3,2	0,2	3,1	ARGILLA	7	0,796	80,64	0,28	143,6	135,6	0,0	0,592	0,796	27,1
3,4	4	11	3,2	3,4	0,2	3,3	ARGILLA	4	0,85	80,64	0,28	121,6	116,8	0,0	0,629	0,85	23,4
3,6	3	11	3,4	3,6	0,2	3,5	ARGILLA	3	0,904	80,64	0,28	111,2	108,5	0,0	0,666	0,904	21,7
3,8	5	11	3,6	3,8	0,2	3,7	ARGILLA	5	0,958	80,64	0,28	127,3	126,0	0,0	0,703	0,958	25,2
4	5	11	3,8	4	0,2	3,9	ARGILLA	5	1,012	80,64	0,28	126,3	126,7	0,0	0,74	1,012	25,3
4,2	4	11	4	4,2	0,2	4,1	ARGILLA	4	1,066	80,64	0,28	117,8	119,7	0,0	0,777	1,066	23,9
4,4	3	11	4,2	4,4	0,2	4,3	ARGILLA	3	1,12	80,64	0,28	108,0	111,1	0,0	0,814	1,12	22,9
4,6	3	11	4,4	4,6	0,2	4,5	ARGILLA	3	1,174	80,64	0,28	107,2	111,6	0,0	0,851	1,174	22,3
4,8	4	11	4,6	4,8	0,2	4,7	ARGILLA	4	1,228	80,64	0,28	115,5	121,6	0,0	0,888	1,228	24,3
5	6	11	4,8	5	0,2	4,9	ARGILLA	6	1,282	80,64	0,28	126,6	136,9	0,0	0,926	1,282	27,8
5,2	6	11	5	5,2	0,2	5,1	ARGILLA	6	1,336	80,64	0,28	127,9	137,5	0,0	0,962	1,336	27,5
5,4	4	11	5,2	5,4	0,2	5,3	ARGILLA	4	1,39	80,64	0,28	113,5	123,3	0,0	0,999	1,39	24,7
5,6	4	11	5,4	5,6	0,2	5,5	ARGILLA	4	1,444	80,64	0,28	112,9	123,8	0,0	1,036	1,444	24,8
5,8	3	11	5,6	5,8	0,2	5,7	ARGILLA	3	1,498	80,64	0,28	103,7	114,7	0,0	1,073	1,498	22,9
6	32	80	5,8	6	0,2	5,9	SABBIA	32	1,552	53,64	0,33	156,6	174,7	0,0	1,11	1,552	34,9
6,2	40	100	6	6,2	0,2	6,1	SABBIA	40	1,606	53,64	0,33	167,6	188,7	0,0	1,147	1,606	37,7
6,4	30	75	6,2	6,4	0,2	6,3	SABBIA	30	1,66	53,64	0,33	151,6	172,0	0,0	1,184	1,66	34,4
6,6	12	10	6,4	6,6	0,2	6,5	ARGILLA	12	1,714	80,64	0,28	150,0	171,6	0,0	1,221	1,714	34,3
6,8	20	6	6,6	6,8	0,2	6,7	ARGILLA	20	1,768	80,64	0,28	172,3	198,6	0,0	1,258	1,768	39,7
7	14	18	6,8	7	0,2	6,9	ARGILLA	14	1,822	80,64	0,28	155,2	180,4	0,0	1,295	1,822	36,1
7,2	36	45	7	7,2	0,2	7,1	SABBIA	36	1,876	53,64	0,33	157,8	184,6	0,0	1,332	1,876	36,9
7,4	45	45	7,2	7,4	0,2	7,3	SABBIA	42	1,93	53,64	0,33	165,2	194,7	0,0	1,369	1,93	38,9
7,6	44	55	7,4	7,6	0,2	7,5	SABBIA	44	1,984	53,64	0,33	167,0	198,2	0,0	1,406	1,984	39,6
7,8	40	150	7,6	7,8	0,2	7,7	SABBIA	40	2,038	53,64	0,33	161,1	192,5	0,0	1,443	2,038	38,5
8	46	78	7,8	8	0,2	7,9	SABBIA	46	2,092	53,64	0,33	165,6	199,1	0,0	1,48	2,092	38,8
8,2	18	30	8	8,2	0,2	8,1	UMO	18	2,146	77,83	0,24	142,1	172,0	0,0	1,517	2,146	34,4
8,4	5	15	8,2	8,4	0,2	8,3	ARGILLA	5	2,2	80,64	0,28	113,3	138,0	0,0	1,554	2,2	27,6
8,6	4	12	8,4	8,6	0,2	8,5	ARGILLA	4	2,254	80,64	0,28	106,1	130,0	0,0	1,591	2,254	26,0
8,8	4	12	8,6	8,8	0,2	8,7	ARGILLA	4	2,308	80,64	0,28	105,7	130,3	0,0	1,628	2,308	26,1
9	6	18	8,8	9	0,2	8,9	ARGILLA	6	2,362	80,64	0,28	118,1	146,4	0,0	1,665	2,362	29,3
9,2	5	15	9	9,2	0,2	9,1	ARGILLA	5	2,416	80,64	0,28	111,8	139,4	0,0	1,702	2,416	27,9
9,4	4	12	9,2	9,4	0,2	9,3	ARGILLA	4	2,47	80,64	0,28	104,7	131,3	0,0	1,739	2,47	26,3
9,6	5	15	9,4	9,6	0,2	9,5	ARGILLA	5	2,524	80,64	0,28	111,2	140,1	0,0	1,776	2,524	28,0
9,8	5	9	9,6	9,8	0,2	9,7	ARGILLA	5	2,578	80,64	0,28	110,8	140,4	0,0	1,813	2,578	28,1
10	10	25	9,8	10	0,2	9,9	UMO	10	2,632	77,83	0,24	120,4	153,4	0,0	1,85	2,632	30,7
10,2	10	25	10	10,2	0,2	10,1	UMO	10	2,686	77,83	0,24	120,1	153,8	0,0	1,887	2,686	30,8
10,4	6	15	10,2	10,4	0,2	10,3	ARGILLA	6	2,74	80,64	0,28	115,7	148,8	0,0	1,924	2,74	29,8
10,6	6	18	10,4	10,6	0,2	10,5	ARGILLA	6	2,794	80,64	0,28	115,3	149,1	0,0	1,961	2,794	29,9
10,8	5	8	10,6	10,8	0,2	10,7	ARGILLA	5	2,848	80,64	0,28	109,3	142,0	0,0	1,998	2,848	28,4
11	7	11	10,8	11	0,2	10,9	ARGILLA	7	2,902	80,64	0,28	119,8	156,3	0,0	2,035	2,902	31,3
11,2	7	18	11	11,2	0,2	11,1	ARGILLA	7	2,956	80,64	0,28	119,5	156,7	0,0	2,072	2,956	31,3
11,4	5	13	11,2	11,4	0,2	11,3	ARGILLA	5	3,01	80,64	0,28	108,5	142,9	0,0	2,109	3,01	28,6
11,6	5	8	11,4	11,6	0,2	11,5	ARGILLA	5	3,064	80,64	0,28	108,2	143,1	0,0	2,146	3,064	28,6
11,8	6	8	11,6	11,8	0,2	11,7	ARGILLA	6	3,118	80,64	0,28	113,6	150,9	0,0	2,183	3,118	30,2
12	22	24	11,8	12	0,2	11,9	UMO	22	3,172	77,83	0,24	142,3	189,9	0,0	2,22	3,172	38,0
12,2	6	18	12	12,2	0,2	12,1	ARGILLA	6	3,226	80,64	0,28	113,0	151,5	0,0	2,257	3,226	30,3
12,4	5	15	12,2	12,4	0,2	12,3	ARGILLA	5	3,28	80,64	0,28	107,2	144,2	0,0	2,294	3,28	28,8
12,6	5	19	12,4	12,6	0,2	12,5	ARGILLA	5	3,334	80,64	0,28	106,9	144,5	0,0	2,331	3,334	28,9
12,8	5	15	12,6	12,8	0,2	12,7	ARGILLA	5	3,388	80,64	0,28	106,7	144,7	0,0	2,368	3,388	28,9
13	6	18	12,8	13	0,2	12,9	ARGILLA	6	3,442	80,64	0,28	112,0	152,6	0,0	2,405	3,442	30,5
13,2	5	15	13	13,2	0,2	13,1	ARGILLA	5	3,496	80,64	0,28	106,2	145,2	0,0	2,442	3,496	29,0
13,4	5	15	13,2	13,4	0,2	13,3	ARGILLA	5	3,55	80,64	0,28	106,0	145,5	0,0	2,479	3,55	29,1
13,6	5	15	13,4	13,6	0,2	13,5	ARGILLA	5	3,604	80,64	0,28	105,8	145,7	0,0	2,516	3,604	29,2
13,8	5	11	13,6	13,8	0,2	13,7	ARGILLA	5	3,658	80,64	0,28	105,5	146,0	0,0	2,553	3,658	29,2
14	7	15	13,8	14	0,2	13,9	ARGILLA	7	3,712	80,64	0,28	115,7	160,6	0,0	2,59	3,712	32,1
14,2	6	15	14	14,2	0,2	14,1	ARGILLA	6	3,766	80,64	0,28	110,6	154,1	0,0	2,627	3,766	30,8
14,4	6	15	14,2	14,4	0,2	14,3	ARGILLA	6	3,82	80,64	0,28	110,4	154,3	0,0	2,664	3,82	30,9
14,6	6	15	14,4	14,6	0,2	14,5	ARGILLA	6	3,874	80,64	0,28	110,2	154,6	0,0	2,701	3,874	30,9
14,8	6	15	14,6	14,8	0,2	14,7	ARGILLA	6	3,928	80,64	0,28	110,0	154,8	0,0	2,738	3,928	31,0
15	6	15	14,8	15	0,2	14,9	ARGILLA	6	3,982	80,64	0,28	109,8	155,0	0,0	2,775	3,982	31,0
15,2	6	15	15	15,2	0,2	15,1	ARGILLA	6									

23,2	42	53	23	23,2	0,2	23,1	SABBIA	42	6,196	53,64	0,33	136,3	215,0	0,0	4,292	6,196	43,0
23,4	48	24	23,2	23,4	0,2	23,3	LIMO	48	6,25	77,83	0,24	158,2	250,1	0,0	4,329	6,25	50,0
23,6	36	30	23,4	23,6	0,2	23,5	LIMO	36	6,304	77,83	0,24	147,5	233,7	0,0	4,366	6,304	46,7
23,8	18	15	23,6	23,8	0,2	23,7	ARGILLA	18	6,358	80,64	0,28	139,8	222,0	0,0	4,403	6,358	44,4
24	16	17	23,8	24	0,2	23,9	ARGILLA	16	6,412	80,64	0,28	135,1	215,0	0,0	4,44	6,412	43,0
24,2	14	12	24	24,2	0,2	24,1	ARGILLA	14	6,466	80,64	0,28	130,0	207,3	0,0	4,477	6,466	41,5
24,4	16	14	24,2	24,4	0,2	24,3	ARGILLA	16	6,52	80,64	0,28	134,8	215,4	0,0	4,514	6,52	43,1
24,6	17	26	24,4	24,6	0,2	24,5	LIMO	17	6,574	77,83	0,24	122,6	196,2	0,0	4,551	6,574	39,2
24,8	40	27	24,6	24,8	0,2	24,7	LIMO	40	6,628	77,83	0,24	150,3	241,2	0,0	4,588	6,628	48,2
25	66	55	24,8	25	0,2	24,9	SABBIA	66	6,682	53,64	0,33	156,3	251,2	0,0	4,625	6,682	50,2
25,2	80	100	25	25,2	0,2	25,1	SABBIA	80	6,736	53,64	0,33	166,3	267,9	0,0	4,662	6,736	53,6
25,4	98	123	25,2	25,4	0,2	25,3	SABBIA	98	6,79	53,64	0,33	177,6	286,6	0,0	4,699	6,79	57,3
25,6	120	100	25,4	25,6	0,2	25,5	SABBIA	120	6,844	53,64	0,33	189,6	306,6	0,0	4,736	6,844	61,3
25,8	108	81	25,6	25,8	0,2	25,7	SABBIA	108	6,898	53,64	0,33	182,9	296,4	0,0	4,773	6,898	59,3
26	130	98	25,8	26	0,2	25,9	SABBIA	130	6,952	53,64	0,33	194,2	315,3	0,0	4,81	6,952	63,1
26,2	40	40	26	26,2	0,2	26,1	SABBIA	40	7,006	53,64	0,33	131,4	213,8	0,0	4,847	7,006	42,8
26,4	66	41	26,2	26,4	0,2	26,3	SABBIA	66	7,06	53,64	0,33	154,8	252,4	0,0	4,884	7,06	50,5
26,6	80	43	26,4	26,6	0,2	26,5	SABBIA	80	7,114	53,64	0,33	164,8	269,1	0,0	4,921	7,114	53,8
26,8	88	73	26,6	26,8	0,2	26,7	SABBIA	88	7,168	53,64	0,33	169,8	277,9	0,0	4,958	7,168	55,6
27	100	73	26,8	27	0,2	26,9	SABBIA	100	7,222	53,64	0,33	176,9	290,1	0,0	4,995	7,222	58,0
27,2	92	53	27	27,2	0,2	27,1	SABBIA	92	7,276	53,64	0,33	171,9	282,4	0,0	5,032	7,276	56,5
27,4	98	123	27,2	27,4	0,2	27,3	SABBIA	98	7,33	53,64	0,33	175,3	288,5	0,0	5,069	7,33	57,7
27,6	88	73	27,4	27,6	0,2	27,5	SABBIA	88	7,384	53,64	0,33	169,0	278,6	0,0	5,106	7,384	55,7
27,8	100	94	27,6	27,8	0,2	27,7	SABBIA	100	7,438	53,64	0,33	176,1	290,8	0,0	5,143	7,438	58,2
28	94	64	27,8	28	0,2	27,9	SABBIA	94	7,492	53,64	0,33	172,3	285,1	0,0	5,18	7,492	57,0
28,2	82	56	28	28,2	0,2	28,1	SABBIA	82	7,546	53,64	0,33	164,5	272,7	0,0	5,217	7,546	54,5
28,4	88	73	28,2	28,4	0,2	28,3	SABBIA	88	7,6	53,64	0,33	168,2	279,3	0,0	5,254	7,6	55,9
28,6	100	73	28,4	28,6	0,2	28,5	SABBIA	100	7,654	53,64	0,33	175,2	291,5	0,0	5,291	7,654	58,3
28,8	92	53	28,6	28,8	0,2	28,7	SABBIA	92	7,708	53,64	0,33	170,3	283,7	0,0	5,328	7,708	56,7
29	92	69	28,8	29	0,2	28,9	SABBIA	92	7,762	53,64	0,33	170,1	283,9	0,0	5,365	7,762	56,8
29,2	100	94	29	29,2	0,2	29,1	SABBIA	100	7,816	53,64	0,33	174,6	292,0	0,0	5,402	7,816	58,4
29,4	94	64	29,2	29,4	0,2	29,3	SABBIA	94	7,87	53,64	0,33	170,9	286,3	0,0	5,439	7,87	57,3
29,6	82	56	29,4	29,6	0,2	29,5	SABBIA	82	7,924	53,64	0,33	163,2	273,8	0,0	5,476	7,924	54,8
29,8	76	56	29,6	29,8	0,2	29,7	SABBIA	76	7,978	53,64	0,33	159,0	267,2	0,0	5,513	7,978	53,4
30	76	58	29,8	30	0,2	29,9	SABBIA	76	8,032	53,64	0,33	158,8	267,3	0,0	5,55	8,032	53,5



Il valore di Vs30 calcolato risulta: Vs30 = 167 m/s e quindi il F.A. è 1,5.

$$V_{s30} = 167 \text{ m/s}$$

Con il foglio di calcolo è stato stimato anche il periodo fondamentale T1 del deposito stratificato orizzontalmente, utilizzando le due correlazioni proposte da Dobry et alii, 1976, modificato in Linee Guida AGI “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” 2005.

I due metodi utilizzano le seguenti espressioni:

media pesata delle velocità delle onde di taglio:

$$T_1 = 4H / \bar{V}_s = 0,66 \text{ sec}$$

$$\bar{V}_s = \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i / H$$

somma dei periodi naturali di ciascuno strato

$$T_1 = 2\pi / \omega_4 = 0,72 \text{ sec}$$

$$\omega_4^2 = \left(3 \cdot \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i \right) / H^3$$

- PGA su suolo rigido 0,079g
- Il fattore di amplificazione F.A. è 1,5.
- Magnitudo da catalogo dei terremoti storici Mw<5,0

22.1 A.R. S.P. Gran Linea

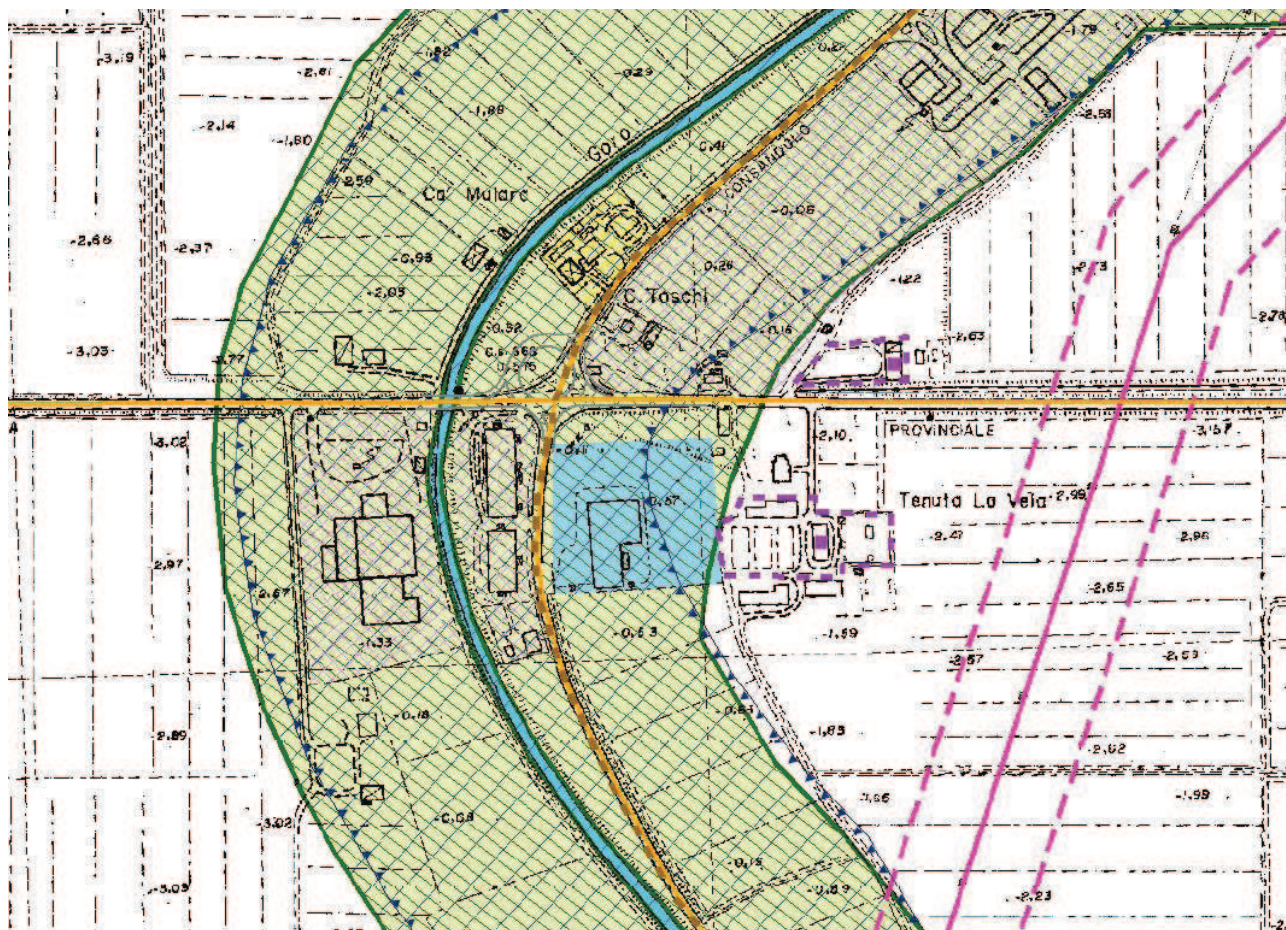
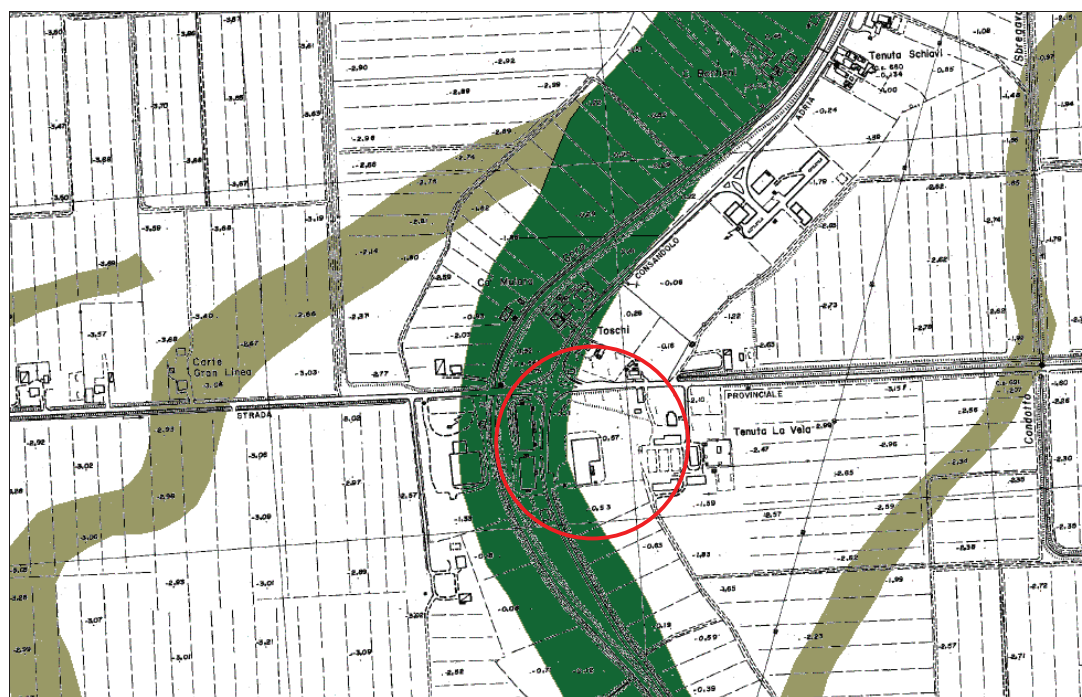


FIGURA 22.1.1 – Area S.P. Gran Linea, SCALA 1:10.000

L'**AREA S.P. Gran Linea** è ubicata a sud dell'abitato di Mezzogoro, sull'incrocio tra la S.P. Gran Linea e la Strada Provinciale 68 Condandolo-Adria. E' indicata come ambito di riqualificazione urbana per potenziali nuovi insediamenti residenziali o attività compatibili (**FIGURA 22.1.1**).

L'area di intervento ricade in una fascia di transizione tra il paleoalveo del fiume Gaurus e le basse campagne della Grande Bonificazione Ferrarese. Il paleoalveo del Gaurus ha la caratteristica di essere molto stretto, ma costituito da uno spessore interessante di sabbie; appena al di fuori di questo prevalgono i soliti sedimenti molli o fanghi su cui sorge la maggior parte del paese di Mezzogoro. Si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia (FIGURA 22.1.2)**. L'area si sviluppa su quote di circa -0,50/-0,60 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente. Appena più ad est le quote topografiche precipitano oltre i -2,0m dal l.m.m..



Legenda

- Paleoalvei dossivi alti (spesso costituiti da riempimenti attivi sabbiosi e ricoperti da sottili coltri alluvionali di sedimenti fini)
- Paleoalvei non dossivi (spesso costituiti da paleoalvei minori o canali palustri con riempimento passivo di sedimenti fini argillosi e organici, talvolta perimetrati da un sistema arginale naturale composto da granulometrie più grossolane).
- Depositi di rotta fluviale
- Allineamenti di dune paleocostiere rilevate sul microrilievo prevalentemente sabbiose, testimoni di linee di costa persistenti.
- Area in cui si succedono allineamenti di dune poco rilevate sui p.c. testimoni di una veloce progradazione della linea di costa.
- Declivi naturali da diffuse esondazioni fluviali per tracimazione

FIGURA 22.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

Per la ricostruzione del modello geologico vengono prese in considerazione le indagini bibliografiche eseguite dallo scrivente in prossimità dell'area. Vengono riportate le due indagini spinte a -30,0m da p.c., in **FIGURA 22.1.3** viene riportata l'ubicazione delle prove.

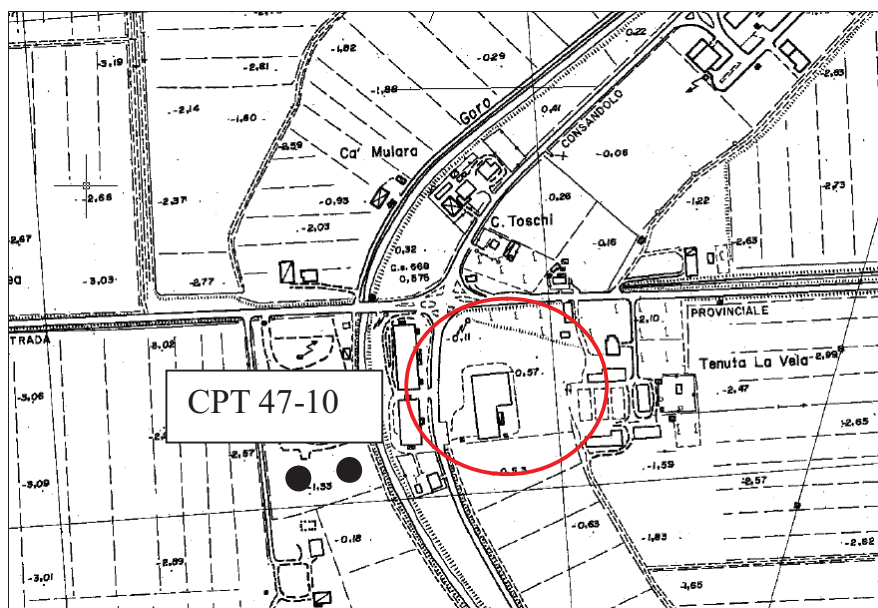


FIGURA 22.1.3 - Ubicazione CPT 47-10 scala 1:10.000

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 22.1.5)**, risultano “molto buone”, ma è un dato che va preso con cautela poiché la caratteristica di questo paleoalveo sabbioso è quello di essere molto sottile.

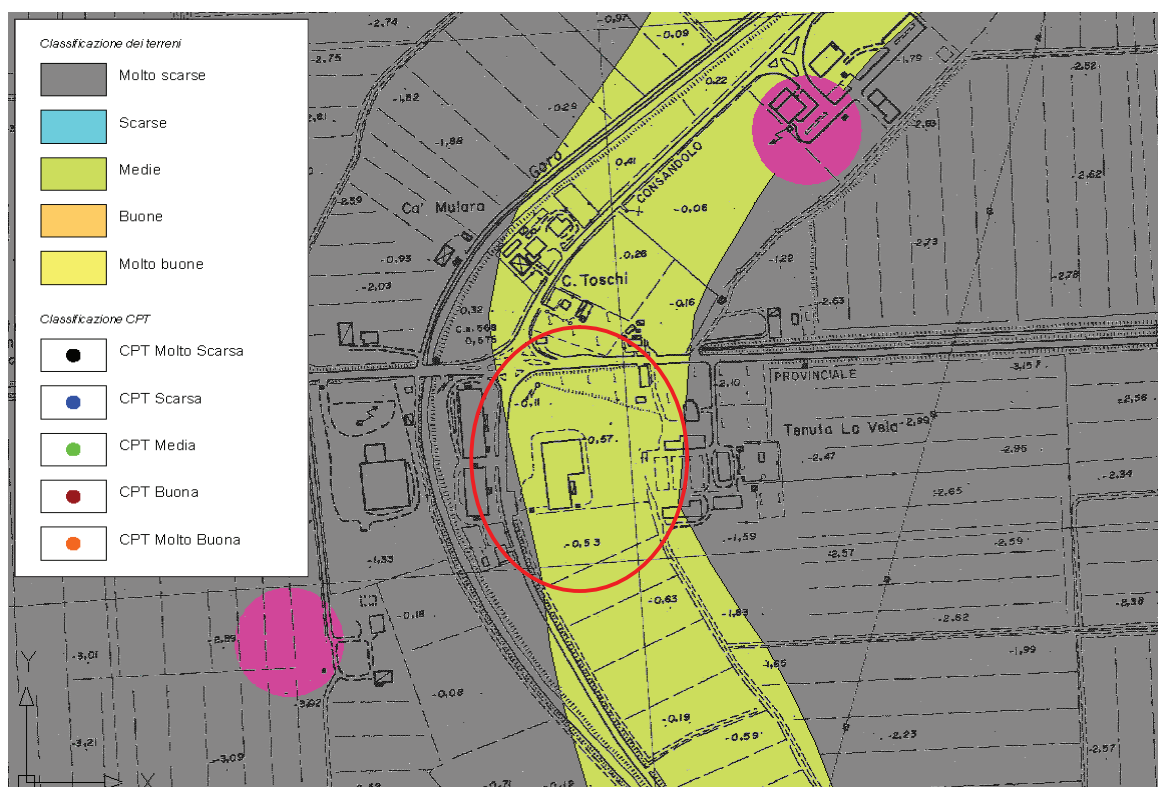
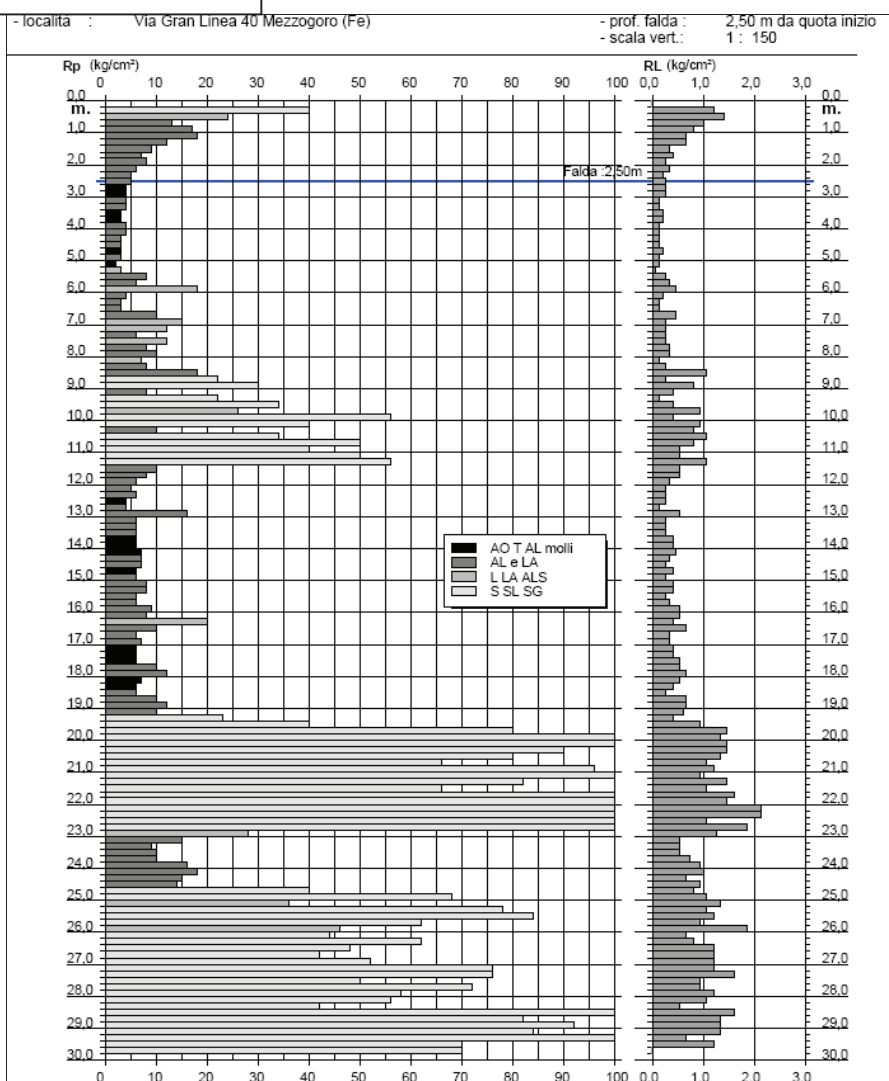


FIGURA 22.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 22.1.7** vengono riportati i diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche statiche. Si notino le significative differenze tra le due prove eseguite a pochi metri l'una dall'altra.

CPT 1 47-10



CPT 2 47-10

- lavoro : Costruzione essiccatoio
- località : Via Gran Linea 40 Mezzogoro (Fe)

- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 m da quota inizi
- scala vert.: 1 : 150

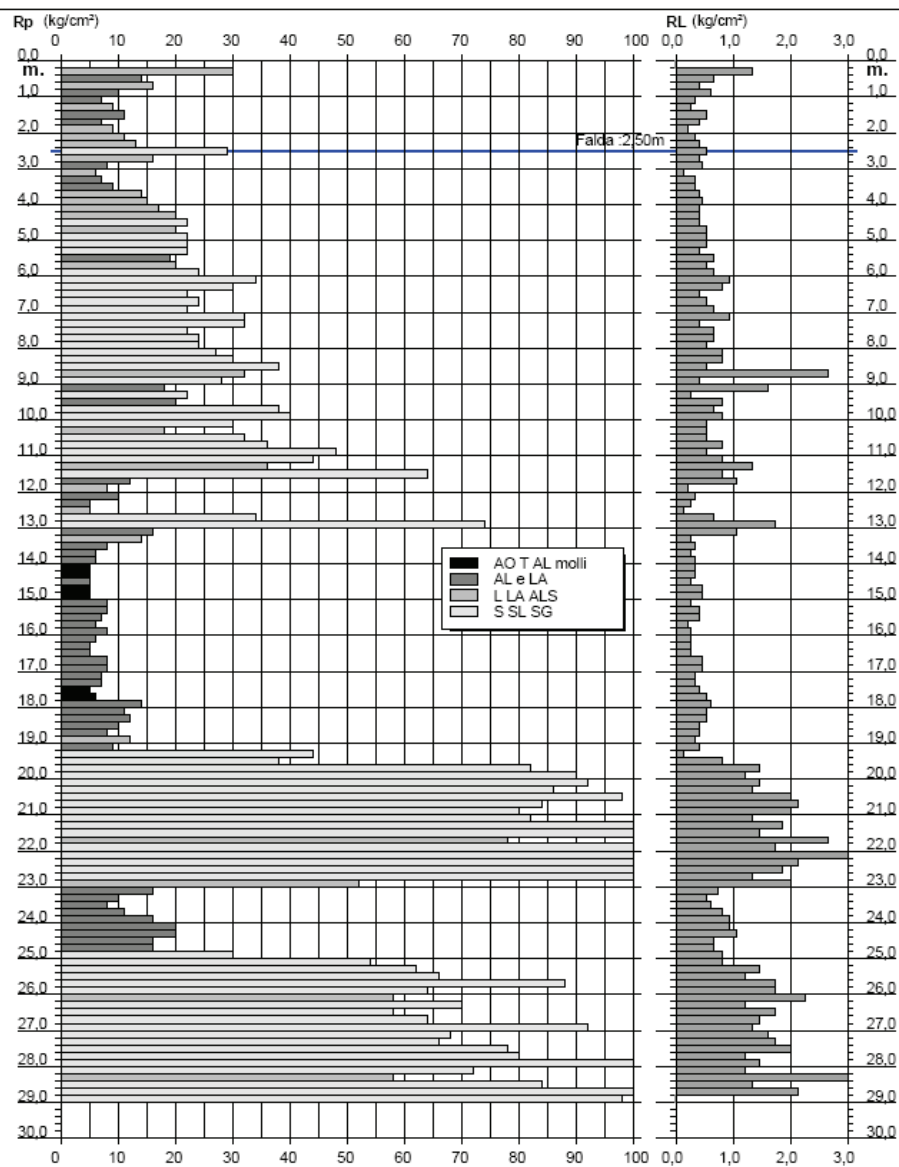


FIGURA 22.1.7 - Diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche

22.1.1 AREA DI RIQUALIFICAZIONE URBANA S.P. GRAN LINEA – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 22.1.8) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di fanghi molli, sovrastanti alle sabbie pleistoceniche più profonde. Questo contrasto di rigidità favorisce l'amplificazione sismica. Parte dell'area potrebbe ricadere anche nelle sabbie di origine fluviale immerse in sabbia.

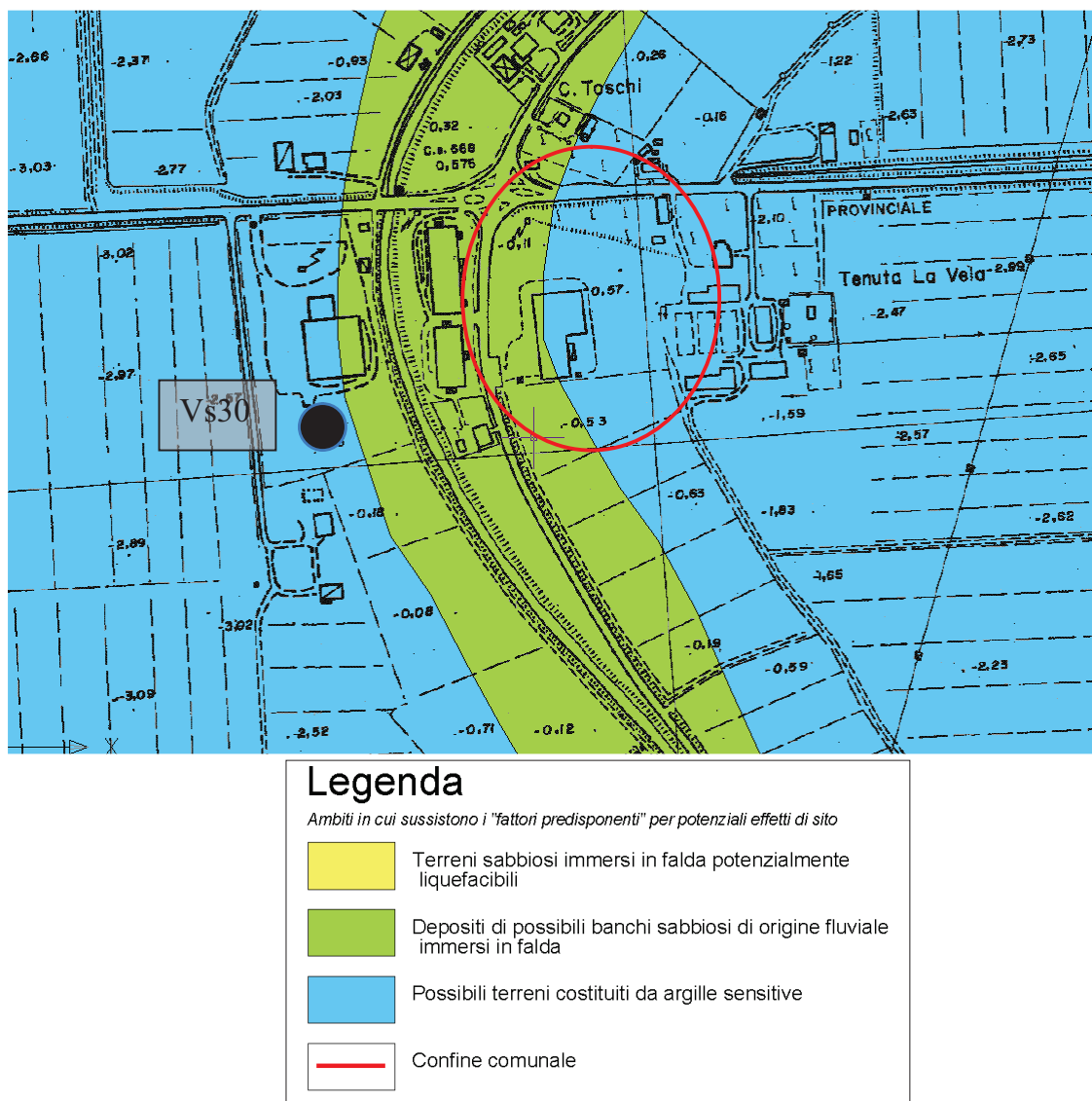


FIGURA 22.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **Il Livello di approfondimento:** si rende necessario effettuare una analisi semplificata per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale. Le indagini geotecniche svolte per altre aree qui a Mezzogoro, rilevano la presenza di terreni coesivi soffici con coesione inferiore a 70kPa e potenziale Indice di Plasticità superiore al 30%. L'area inoltre può ricadere in parte sul paleoalveo sabbioso con sabbie immerse in falda.

Di conseguenza questa area necessita anche del III livello di approfondimento.

A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

Viene riportata la misura di Vs30 fatta per un sito a poche decine di metri a sud, con la stessa situazione stratigrafica.

La correlazione utilizzata è stata proposta da Andrus et al. (2001) ed utilizza valori di qc e di Vs30 normalizzati rispetto allo stato tensionale, in questa formula non viene tenuto conto dell'attrito laterale fs e viene introdotto un coefficiente correttivo per l'età del deposito che viene indicato con ASF. Questo coefficiente viene utilizzato per tenere conto delle diverse caratteristiche di deformabilità e tessitura dei terreni risalenti al periodo Pleistocenico rispetto ai più recenti depositi Olocenici.

La correlazione è la seguente:

$$V_{s1} = ASF \cdot A \cdot (q_{c1N})^\alpha$$

dove:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5} \quad \text{resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;}$$

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25} \quad \text{velocità corretta per tenere in conto lo stato tensionale verticale;}$$

ASF per depositi Olocenici = 1 (quali sono i depositi presenti nella pianura ferrarese alle profondità indagate) come suggerito da ANDRUS et al.;

A e α sono coefficienti empirici da calibrare sulla base delle misure di qc e di Vs disponibili;

pa= pressione atmosferica.

Nella **Tabella 2.1** sono riportati i coefficienti A e α .

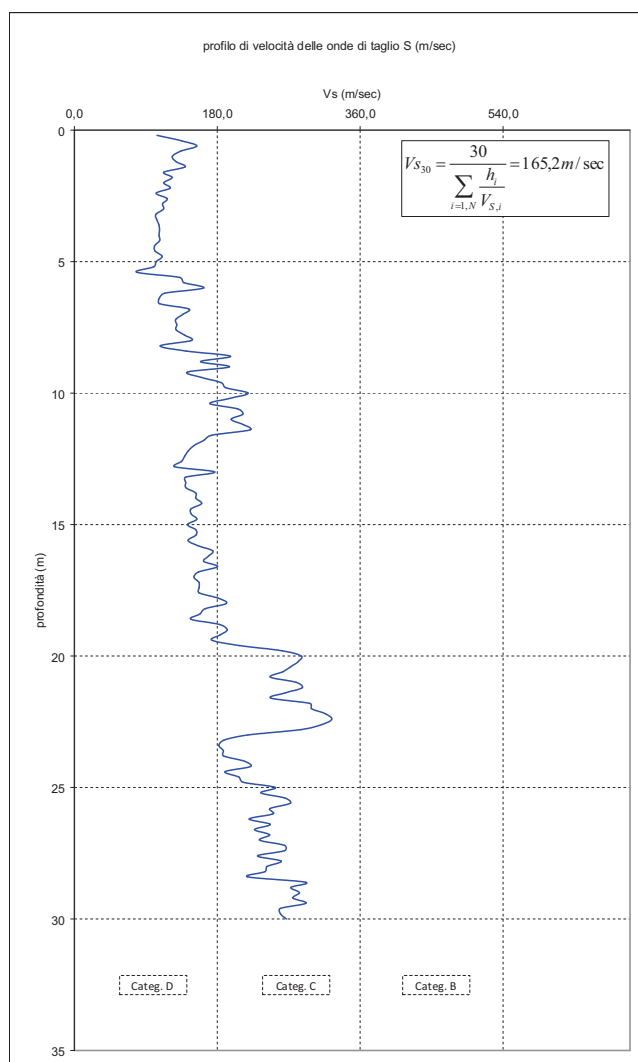
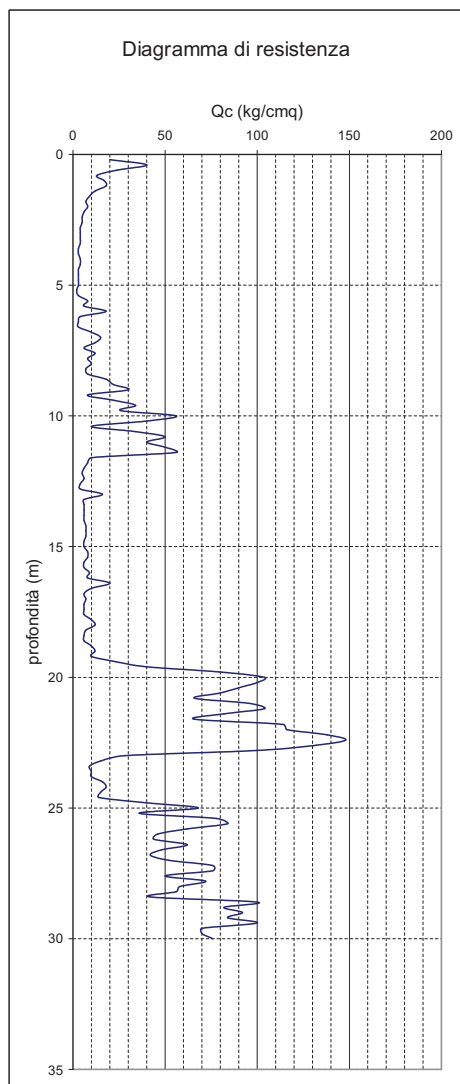
	Argilla	Limo	Sabbia
A	80.64	77.83	53.64
α	0.28	0.24	0.33

Tabella 2.1 – Coefficienti A (m/s) e α

Di seguito è riportata la tabella con i valori per il calcolo della Vs30 e il profilo sismico verticale delle Vs ottenuto per l'area in esame.

Località: S.P. GRAN LINEA		CPT di riferimento: 47-10		Data esecuzione CPT: 12/04/2010													
profondità prova: 30m		$T1 = \frac{4H}{\left(\sum_{i=1}^n V_{Si} \cdot Hi\right) / H}$		ANDRUS V_{S30} 165,13 m/sec													
Falda: 2,5 m	periodo fondamentale T1 = 0,65 sec																
media pesata delle velocità delle onde di taglio																	
Dobry et al. 1976 modificato in Linee Guida AGI 2005		$T1 = \frac{\sum_{i=1}^n 4 \cdot Hi}{V_{si}}$															
periodo fondamentale T1 = 0,73 sec																	
Somma dei periodi naturali di ciascuno strato			VS30 normalizzato VS30														
pr.f.	RP	RP/RL	Z1	Z2	DH	mezzo strat.	litologia	qc(kg/cm2)	τn(kg/cm2)	A	a	V _{si} i	V _{S30}	DH V _{si} i	τn(kg/cm2)	τn(kg/cm2)	H i * V _{si} i
0,2	20	32	0	0,2	0,2	0,1	UMO	20	0,037	77,83	0,24	237,3	104,1	0,0	0,037	-0,1585	20,8
0,4	40	33	0,2	0,4	0,2	0,3	UMO	40	0,074	77,83	0,24	257,8	134,5	0,0	0,074	-0,1045	26,9
0,6	24	17	0,4	0,6	0,2	0,5	ARGILLA	24	0,111	80,64	0,28	267,1	154,2	0,0	0,111	-0,0505	30,8
0,8	13	13	0,6	0,8	0,2	0,7	ARGILLA	13	0,148	80,64	0,28	216,1	134,0	0,0	0,148	0,0035	26,8
1	17	21	0,8	1	0,2	0,9	UMO	17	0,185	77,83	0,24	188,1	123,4	0,0	0,185	0,0575	24,7
1,2	18	27	1	1,2	0,2	1,1	UMO	18	0,222	77,83	0,24	186,6	128,1	0,0	0,222	0,1115	25,6
1,4	12	18	1,2	1,4	0,2	1,3	ARGILLA	12	0,259	80,64	0,28	195,4	139,4	0,0	0,259	0,1655	27,9
1,6	9	27	1,4	1,6	0,2	1,5	UMO	9	0,296	77,83	0,24	152,6	112,6	0,0	0,296	0,2195	22,5
1,8	7	18	1,6	1,8	0,2	1,7	ARGILLA	7	0,333	80,64	0,28	162,2	123,2	0,0	0,333	0,2735	24,6
2	8	30	1,8	2	0,2	1,9	UMO	8	0,37	77,83	0,24	144,4	112,7	0,0	0,37	0,3275	22,5
2,2	6	18	2	2,2	0,2	2,1	ARGILLA	6	0,407	80,64	0,28	151,0	120,6	0,0	0,407	0,3815	24,1
2,4	5	23	2,2	2,4	0,2	2,3	UMO	5	0,444	77,83	0,24	126,2	103,1	0,0	0,444	0,4355	20,6
2,6	5	19	2,4	2,6	0,2	2,5	ARGILLA	5	0,481	80,64	0,28	140,2	116,8	0,0	0,481	0,4895	23,4
2,8	4	15	2,6	2,8	0,2	2,7	ARGILLA	4	0,5435	80,64	0,28	129,5	111,2	0,0	0,518	0,5435	22,2
3	4	15	2,8	3	0,2	2,9	ARGILLA	4	0,5975	80,64	0,28	127,8	112,3	0,0	0,555	0,5975	22,5
3,2	4	30	3	3,2	0,2	3,1	UMO	4	0,6515	77,83	0,24	114,3	102,7	0,0	0,592	0,6515	20,5
3,4	4	30	3,2	3,4	0,2	3,3	UMO	4	0,7055	77,83	0,24	113,2	103,7	0,0	0,629	0,7055	20,7
3,6	3	15	3,4	3,6	0,2	3,5	ARGILLA	3	0,7595	80,64	0,28	114,0	106,4	0,0	0,666	0,7595	21,3
3,8	3	15	3,6	3,8	0,2	3,7	ARGILLA	3	0,8135	80,64	0,28	112,9	107,2	0,0	0,703	0,8135	21,4
4	4	30	3,8	4	0,2	3,9	UMO	4	0,8675	77,83	0,24	110,4	106,6	0,0	0,74	0,8675	21,5
4,2	4	30	4	4,2	0,2	4,1	UMO	4	0,9215	77,83	0,24	109,6	107,4	0,0	0,777	0,9215	21,5
4,4	3	22	4,2	4,4	0,2	4,3	UMO	3	0,9755	77,83	0,24	101,6	101,0	0,0	0,814	0,9755	20,2
4,6	3	22	4,4	4,6	0,2	4,5	UMO	3	1,0295	77,83	0,24	101,0	101,7	0,0	0,851	1,0295	20,3
4,8	3	15	4,6	4,8	0,2	4,7	ARGILLA	3	1,0835	80,64	0,28	108,5	110,7	0,0	0,888	1,0835	22,1
5	3	22	4,8	5	0,2	4,9	UMO	3	1,1375	77,83	0,24	99,8	103,0	0,0	0,925	1,1375	20,6
5,2	2	15	5	5,2	0,2	5,1	ARGILLA	2	1,1915	80,64	0,28	95,5	99,8	0,0	0,962	1,1915	20,0
5,4	3	45	5,2	5,4	0,2	5,3	SABBIA	3	1,2455	53,64	0,33	74,3	78,5	0,0	0,999	1,2455	15,7
5,6	8	30	5,4	5,6	0,2	5,5	UMO	8	1,2995	77,83	0,24	124,2	132,6	0,0	1,036	1,2995	26,5
5,8	6	18	5,6	5,8	0,2	5,7	ARGILLA	6	1,3535	80,64	0,28	127,7	137,7	0,0	1,073	1,3535	27,5
6	18	39	5,8	6	0,2	5,9	UMO	18	1,4075	77,83	0,24	149,5	162,8	0,0	1,11	1,4075	32,6
6,2	4	20	6	6,2	0,2	6,1	UMO	4	1,4615	77,83	0,24	103,7	114,0	0,0	1,147	1,4615	22,8
6,4	3	22	6,2	6,4	0,2	6,3	UMO	3	1,5155	77,83	0,24	96,4	106,9	0,0	1,184	1,5155	21,4
6,6	3	22	6,4	6,6	0,2	6,5	UMO	3	1,5695	77,83	0,24	96,0	107,4	0,0	1,221	1,5695	21,5
6,8	10	21	6,6	6,8	0,2	6,7	UMO	10	1,6235	77,83	0,24	127,6	144,0	0,0	1,258	1,6235	28,8
7	15	56	6,8	7	0,2	6,9	SABBIA	15	1,6775	53,64	0,33	120,4	137,0	0,0	1,295	1,6775	27,4
7,2	12	45	7	7,2	0,2	7,1	SABBIA	12	1,7315	53,64	0,33	111,2	127,6	0,0	1,332	1,7315	25,5
7,4	6	22	7,2	7,4	0,2	7,3	UMO	6	1,7855	77,83	0,24	111,6	129,0	0,0	1,369	1,7855	25,8
7,6	12	45	7,4	7,6	0,2	7,5	SABBIA	12	1,8395	53,64	0,33	110,1	128,3	0,0	1,406	1,8395	25,7
7,8	8	24	7,6	7,8	0,2	7,7	UMO	8	1,8935	77,83	0,24	118,7	139,3	0,0	1,443	1,8935	27,9
8	10	30	7,8	8	0,2	7,9	UMO	10	1,9475	77,83	0,24	124,9	147,5	0,0	1,48	1,9475	29,5
8,2	7	52	8	8,2	0,2	8,1	SABBIA	7	2,0015	53,64	0,33	90,9	108,1	0,0	1,517	2,0015	21,6
8,4	8	30	8,2	8,4	0,2	8,3	UMO	8	2,0555	77,83	0,24	117,6	140,8	0,0	1,554	2,0555	28,2
8,6	18	17	8,4	8,6	0,2	8,5	ARGILLA	18	2,1095	80,64	0,28	163,2	196,6	0,0	1,591	2,1095	39,3
8,8	22	82	8,6	8,8	0,2	8,7	SABBIA	22	2,1635	53,64	0,33	131,0	158,8	0,0	1,628	2,1635	31,8
9	30	38	8,8	9	0,2	8,9	UMO	30	2,2175	77,83	0,24	160,0	195,3	0,0	1,665	2,2175	39,1
9,2	8	20	9	9,2	0,2	9,1	UMO	8	2,2715	77,83	0,24	116,2	142,6	0,0	1,702	2,2715	28,5
9,4	24	85	9,2	9,4	0,2	9,3	SABBIA	24	2,3255	53,64	0,33	129,4	173,9	0,0	1,739	2,3255	32,0
9,6	34	94	9,4	9,6	0,2	9,5	SABBIA	34	2,3795	53,64	0,33	148,9	184,9	0,0	1,776	2,3795	37,0
9,8	26	78	9,6	9,8	0,2	9,7	UMO	26	2,4335	77,83	0,24	152,9	191,0	0,0	1,813	2,4335	38,2
10	56	140	9,8	10	0,2	9,9	SABBIA	56	2,4875	53,64	0,33	174,2	218,8	0,0	1,85	2,4875	43,8
10,2	40	43	10	10,2	0,2	10,1	SABBIA	40	2,5415	53,64	0,33	155,4	196,2	0,0	1,887	2,5415	39,2
10,4	10	13	10,2	10,4	0,2	10,3	ARGILLA	10	2,5955	80,64	0,28	134,4	170,7	0,0	1,924	2,5955	34,1
10,6	34	32	10,4	10,6	0,2	10,5	UMO	34	2,6495	77,83	0,24	161,4	205,9	0,0	1,961	2,6495	41,2
10,8	50	63	10,6	10,8	0,2	10,7	SABBIA	50	2,7035	53,64	0,33	165,5	212,3	0,0	1,998	2,7035	42,5
11	40	75	10,8	11	0,2	10,9	SABBIA	40	2,7575	53,64	0,33	153,3	197,5	0,0	2,035	2,7575	39,5
11,2	50	94	11	11,2	0,2	11,1	SABBIA	50	2,8115	53,64	0,33	164,5	213,0	0,0	2,072	2,8115	42,6
11,4	56	52	11,2	11,4	0,2	11,3	SABBIA	56	2,8655	53,64	0,33	170,2	221,4	0,0	2,109	2,8655	44,3
11,6	10	19	11,4	11,6	0,2	11,5	ARGILLA	10	2,9195	80,64	0,28	132,3	172,9	0,0	2,146	2,9195	34,6
11,8	8	15	11,6	11,8	0,2	11,7	ARGILLA	8	2,9735	80,64	0,28	123,9	162,7	0,0	2,183	2,9735	32,5
12	15	12	11,8	12	0,2	11,9	ARGILLA	6	3,0275	80,64	0,28	114,0	150,4	0,0	2,22	3,0275	30,5
12,2	5	19	12	12,2	0,2	12,1	ARGILLA	5	3,0815	80,64	0,28	108,1	143,2	0,0	2,257	3,0815	28,6
12,4	6	22	12,2	12,4	0,2	12,3	UMO	6	3,1355	77,83	0,24	104,3	138,8	0,0	2,294	3,1355	27,8
12,6	4	15	12,4	12,													

23,2	15	28	23	23,2	0,2	23,1	LIMO	15	6,0515	77,83	0,24	120,1	188,4	0,0	4,292	6,0515	37,7
23,4	9	17	23,2	23,4	0,2	23,3	ARGILLA	9	6,1055	80,64	0,28	115,8	182,0	0,0	4,329	6,1055	36,4
23,6	10	19	23,4	23,6	0,2	23,5	ARGILLA	10	6,1595	80,64	0,28	119,1	187,7	0,0	4,366	6,1595	37,5
23,8	10	14	23,6	23,8	0,2	23,7	ARGILLA	10	6,2135	80,64	0,28	119,0	187,9	0,0	4,403	6,2135	37,6
24	16	17	23,8	24	0,2	23,9	ARGILLA	16	6,2675	80,64	0,28	135,6	214,5	0,0	4,44	6,2675	42,9
24,2	18	18	24	24,2	0,2	24,1	ARGILLA	18	6,3215	80,64	0,28	139,9	221,9	0,0	4,477	6,3215	44,4
24,4	15	23	24,2	24,4	0,2	24,3	LIMO	15	6,3755	77,83	0,24	119,4	189,7	0,0	4,514	6,3755	37,9
24,6	14	15	24,4	24,6	0,2	24,5	ARGILLA	14	6,4295	80,64	0,28	130,1	207,2	0,0	4,551	6,4295	41,4
24,8	40	50	24,6	24,8	0,2	24,7	SABBIA	40	6,4835	53,64	0,33	133,1	212,4	0,0	4,588	6,4835	42,5
25	68	64	24,8	25	0,2	24,9	SABBIA	68	6,5375	53,64	0,33	158,4	253,2	0,0	4,625	6,5375	50,6
25,2	36	27	25	25,2	0,2	25,1	LIMO	36	6,5915	77,83	0,24	146,7	235,0	0,0	4,662	6,5915	47,0
25,4	78	73	25,2	25,4	0,2	25,3	SABBIA	78	6,6455	53,64	0,33	165,3	265,3	0,0	4,699	6,6455	53,1
25,6	84	70	25,4	25,6	0,2	25,5	SABBIA	84	6,6995	53,64	0,33	169,1	272,1	0,0	4,736	6,6995	54,4
25,8	62	66	25,6	25,8	0,2	25,7	SABBIA	62	6,7535	53,64	0,33	152,8	246,3	0,0	4,773	6,7535	49,3
26	46	25	25,8	26	0,2	25,9	LIMO	46	6,8075	77,83	0,24	155,0	250,3	0,0	4,81	6,8075	50,1
26,2	44	66	26	26,2	0,2	26,1	SABBIA	44	6,8615	53,64	0,33	136,1	220,3	0,0	4,847	6,8615	44,1
26,4	62	78	26,2	26,4	0,2	26,3	SABBIA	62	6,9155	53,64	0,33	152,2	246,8	0,0	4,884	6,9155	49,4
26,6	48	40	26,4	26,6	0,2	26,5	SABBIA	48	6,9695	53,64	0,33	139,7	227,0	0,0	4,921	6,9695	45,4
26,8	42	35	26,6	26,8	0,2	26,7	LIMO	42	7,0235	77,83	0,24	151,1	245,9	0,0	4,958	7,0235	49,2
27	52	43	26,8	27	0,2	26,9	SABBIA	52	7,0775	53,64	0,33	143,1	233,4	0,0	4,995	7,0775	46,7
27,2	76	63	27	27,2	0,2	27,1	SABBIA	76	7,1315	53,64	0,33	162,0	264,7	0,0	5,032	7,1315	52,9
27,4	76	48	27,2	27,4	0,2	27,3	SABBIA	76	7,1855	53,64	0,33	161,7	264,8	0,0	5,069	7,1855	53,0
27,6	50	54	27,4	27,6	0,2	27,5	SABBIA	50	7,2395	53,64	0,33	140,7	230,8	0,0	5,106	7,2395	46,2
27,8	72	77	27,6	27,8	0,2	27,7	SABBIA	72	7,2935	53,64	0,33	158,5	260,5	0,0	5,143	7,2935	52,1
28	58	48	27,8	28	0,2	27,9	SABBIA	58	7,3475	53,64	0,33	147,4	242,7	0,0	5,18	7,3475	48,5
28,2	56	52	28	28,2	0,2	28,1	SABBIA	56	7,4015	53,64	0,33	145,5	240,0	0,0	5,217	7,4015	48,0
28,4	42	79	28,2	28,4	0,2	28,3	SABBIA	42	7,4555	53,64	0,33	132,2	218,4	0,0	5,254	7,4555	43,7
28,6	100	63	28,4	28,6	0,2	28,5	SABBIA	100	7,5095	53,64	0,33	175,8	291,0	0,0	5,291	7,5095	58,2
28,8	82	62	28,6	28,8	0,2	28,7	SABBIA	82	7,5635	53,64	0,33	164,5	272,7	0,0	5,328	7,5635	54,5
29	92	69	28,8	29	0,2	28,9	SABBIA	92	7,6175	53,64	0,33	170,6	283,5	0,0	5,365	7,6175	56,7
29,2	84	63	29	29,2	0,2	29,1	SABBIA	84	7,6715	53,64	0,33	165,4	275,2	0,0	5,402	7,6715	55,0
29,4	100	150	29,2	29,4	0,2	29,3	SABBIA	100	7,7255	53,64	0,33	175,0	291,7	0,0	5,439	7,7255	58,3
29,6	70	58	29,4	29,6	0,2	29,5	SABBIA	70	7,7795	53,64	0,33	155,4	259,5	0,0	5,476	7,7795	51,9
29,8	70	58	29,6	29,8	0,2	29,7	SABBIA	70	7,8335	53,64	0,33	155,2	259,6	0,0	5,513	7,8335	51,9
30	76	52	29,8	30	0,2	29,9	SABBIA	76	7,8875	53,64	0,33	159,3	266,9	0,0	5,55	7,8875	53,4



Il valore di Vs30 calcolato risulta: Vs30 = 165 m/s e quindi il F.A. è 1,5.

$V_{s30} = 165 \text{ m/s}$

Con il foglio di calcolo è stato stimato anche il periodo fondamentale T1 del deposito stratificato orizzontalmente, utilizzando le due correlazioni proposte da Dobry et alii, 1976, modificato in Linee Guida AGI “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” 2005.

I due metodi utilizzano le seguenti espressioni:

media pesata delle velocità delle onde di taglio:

$$T_1 = 4H / \bar{V}_s = 0,65 \text{ sec}$$

$$\bar{V}_s = \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i / H$$

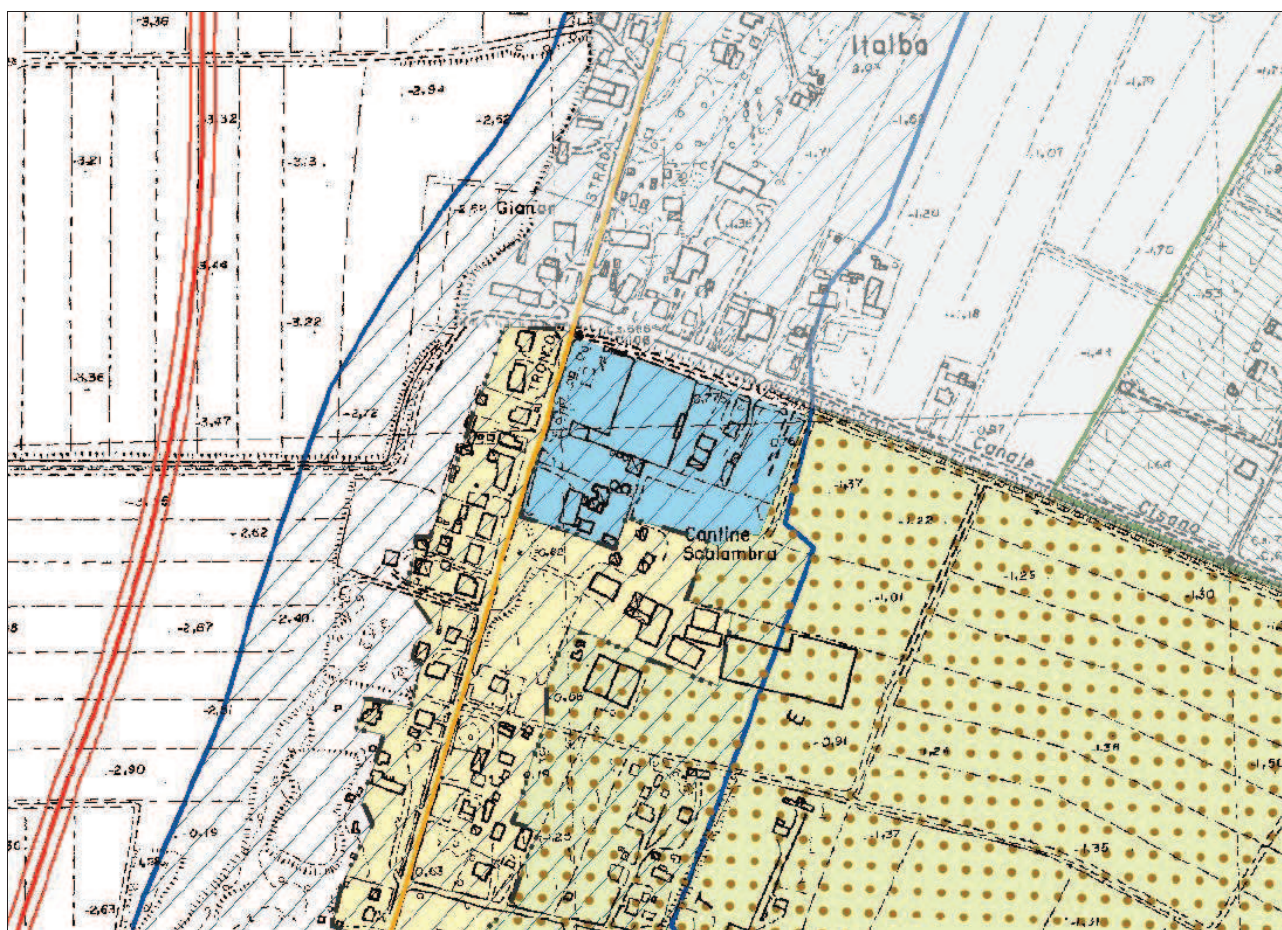
somma dei periodi naturali di ciascuno strato

$$T_1 = 2\pi / \omega_4 = 0,73 \text{ sec}$$

$$\omega_4^2 = \left(3 \cdot \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i \right) / H^3$$

- PGA su suolo rigido 0,079g
- Il fattore di amplificazione F.A. è 1,5.
- Magnitudo da catalogo dei terremoti storici Mw<5,0

23.1 A.R. EX CANTINE SCALAMBRA



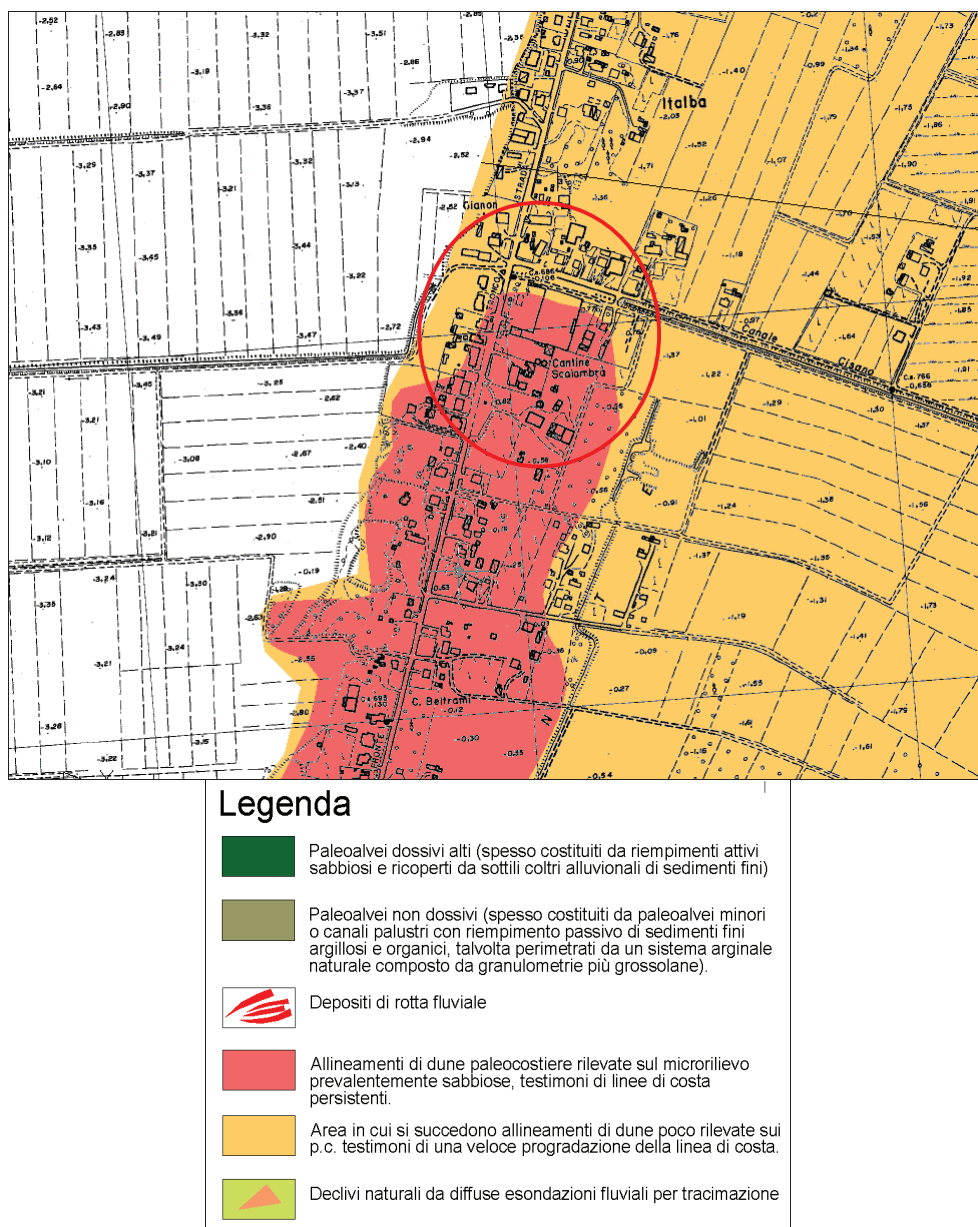


FIGURA 23.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

Per la ricostruzione del modello geologico vengono prese in considerazione le indagini bibliografiche eseguite dallo scrivente in prossimità dell'area. Viene proposta la prova CPT 53-05 spinta a -10,0m da p.c., in **FIGURA 23.1.3** viene riportata l'ubicazione delle prove.



FIGURA 23.1.3 - Ubicazione CPT 53-05 e della CPTU profonda a 35m scala 1:10.000

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 23.1.5)**, risultano “molto buone”, ma è un dato che va preso con cautela poiché la caratteristica di questo paleoalveo sabbioso è quello di essere molto sottile.



FIGURA 23.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 23.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica e della CPTU dell'archivio regionale, vicina all'area in valutazione.

Dott. Geologo Thomas Veronese
Via Roma, 80 - 44023 Vaccaiole (FE)
Tel. 0533/97105 Tel. mob. 0335/5240380

CPT 1 53-05

Rifer. 53-05

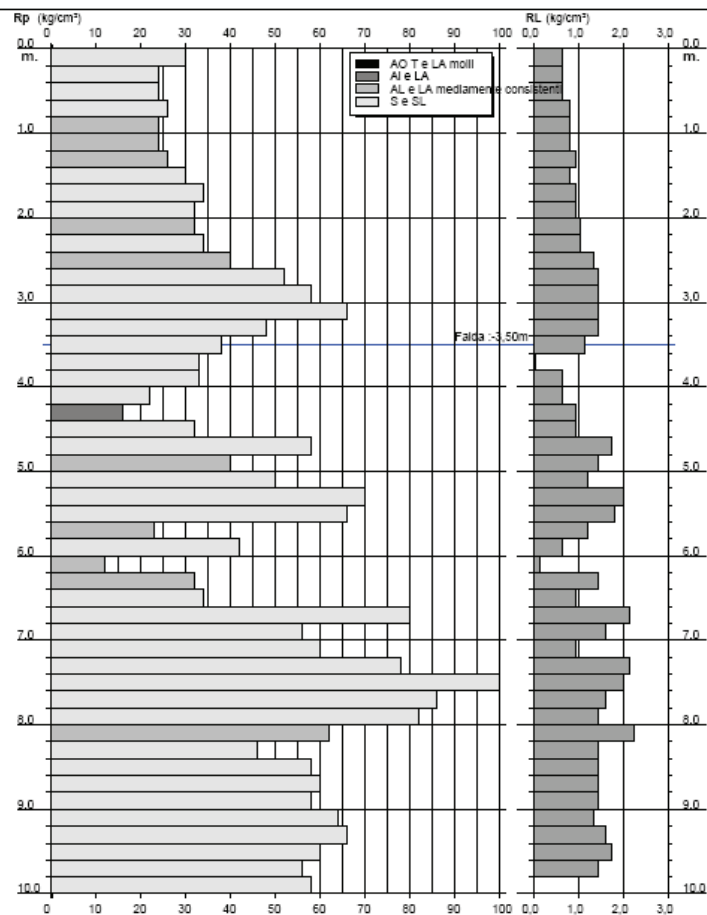
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-028

- committente : Zampieri Loredana
- lavoro : Costruzione di Abitazione e Magazzino
- località : Italia (FE)

- data : 31/05/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -3,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 50



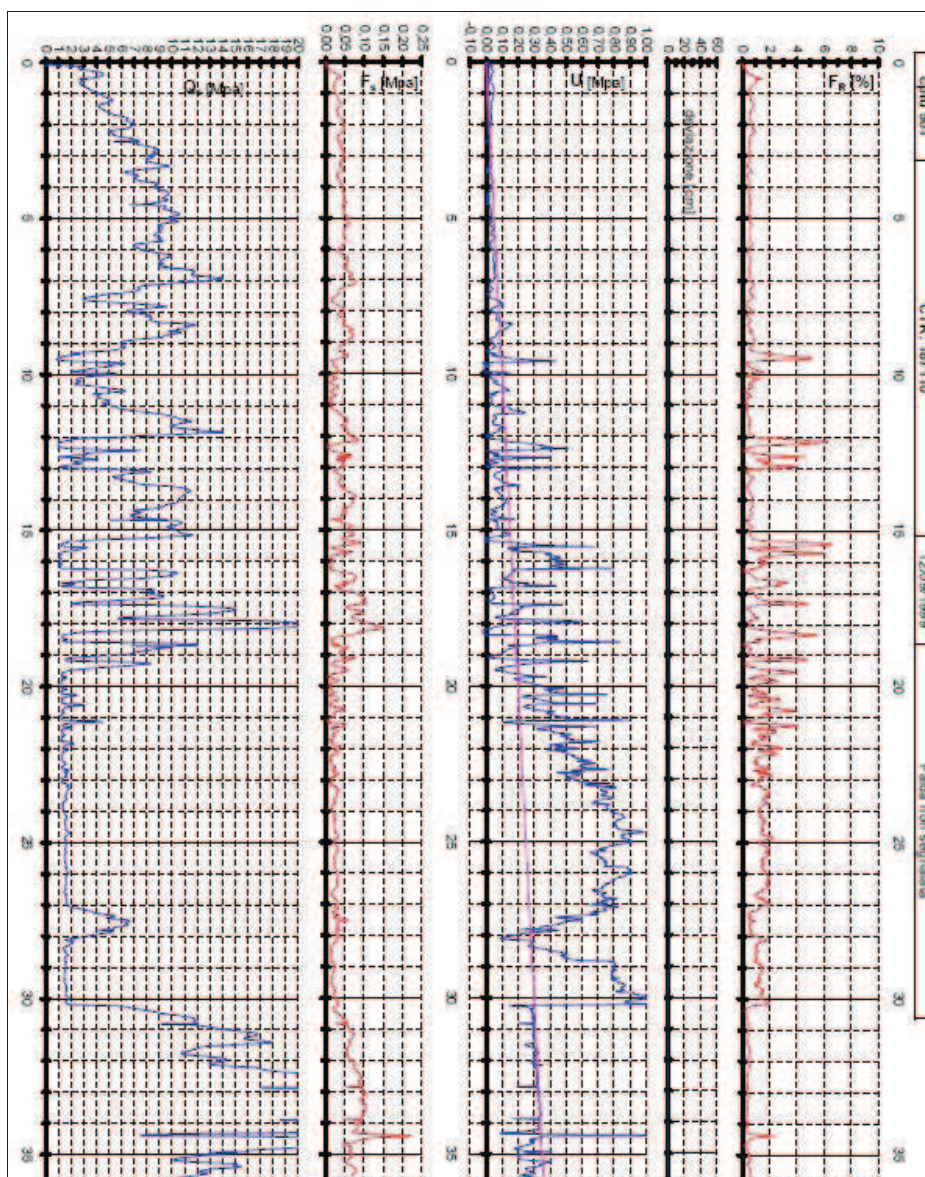


FIGURA 23.1.7 - Diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche

23.1.1 AREA DI RIQUALIFICAZIONE URBANA EX CANTINA SCALAMBRA – Riduzione del rischio sismico

- I Livello di approfondimento: la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 23.1.8) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di sabbie costiere immerse in falda, potenzialmente liquefacibili.



Legenda

Ambiti in cui sussistono i "fattori predisponenti" per potenziali effetti di sito

- Terreni sabbiosi immersi in falda potenzialmente liquefacibili
- Depositi di possibili banchi sabbiosi di origine fluviale immersi in falda
- Possibili terreni costituiti da argille sensitive
- Confine comunale

FIGURA 23.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **Il Livello di approfondimento:** si rende necessario effettuare una analisi semplificata per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale. L'area sorge su sabbie immerse in falda, la cui granulometria ricade tra i fusi potenzialmente liquefacibili.

Di conseguenza questa area necessita anche del III livello di approfondimento.

A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

Viene riportata la misura di Vs30 fatta per un sito a poche decine di metri a sud, con la stessa situazione stratigrafica.

La correlazione utilizzata è stata proposta da Andrus et al. (2001) ed utilizza valori di qc e di Vs30 normalizzati rispetto allo stato tensionale, in questa formula non viene tenuto conto dell'attrito laterale fs e viene introdotto un coefficiente correttivo per l'età del deposito che viene indicato con ASF. Questo coefficiente viene utilizzato per tenere conto delle diverse caratteristiche di deformabilità e tessitura dei terreni risalenti al periodo Pleistocenico rispetto ai più recenti depositi Olocenici.

La correlazione è la seguente:

$$V_{s1} = ASF \cdot A \cdot (q_{c1N})^\alpha$$

dove:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5} \quad \text{resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;}$$

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25} \quad \text{velocità corretta per tenere in conto lo stato tensionale verticale;}$$

ASF per depositi Olocenici = 1 (quali sono i depositi presenti nella pianura ferrarese alle profondità indagate) come suggerito da ANDRUS et al.;

A e α sono coefficienti empirici da calibrare sulla base delle misure di q_c e di Vs disponibili;

p_a = pressione atmosferica.

Nella **Tabella 2.1** sono riportati i coefficienti A e α .

	Argilla	Limo	Sabbia
A	80.64	77.83	53.64
α	0.28	0.24	0.33

Tabella 2.1 – Coefficienti A (m/s) e α

Di seguito è riportata la tabella con i valori per il calcolo della Vs30 e il profilo sismico verticale delle Vs ottenuto per l'area in esame.

Località: __ ITALBA

CPT di riferimento: _ 53-05

Data esecuzione CPT: _____ 12/04/2010

Falda: 3,5 m

profondità prova: 30m

periodo fondamentale T1 = 0,58 sec

media pesata delle velocità delle onde di taglio

Dobry et al. 1976 modificato in Linee Guida AGI 2005

periodo fondamentale T1 = 0,60 sec

Somme dei periodi naturali di ciascuno strato

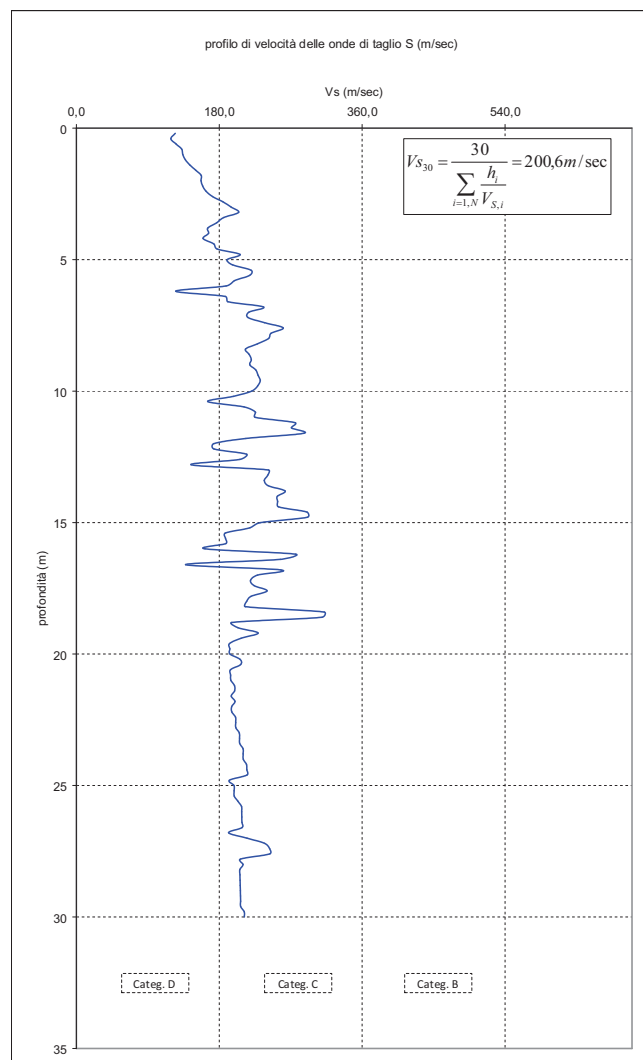
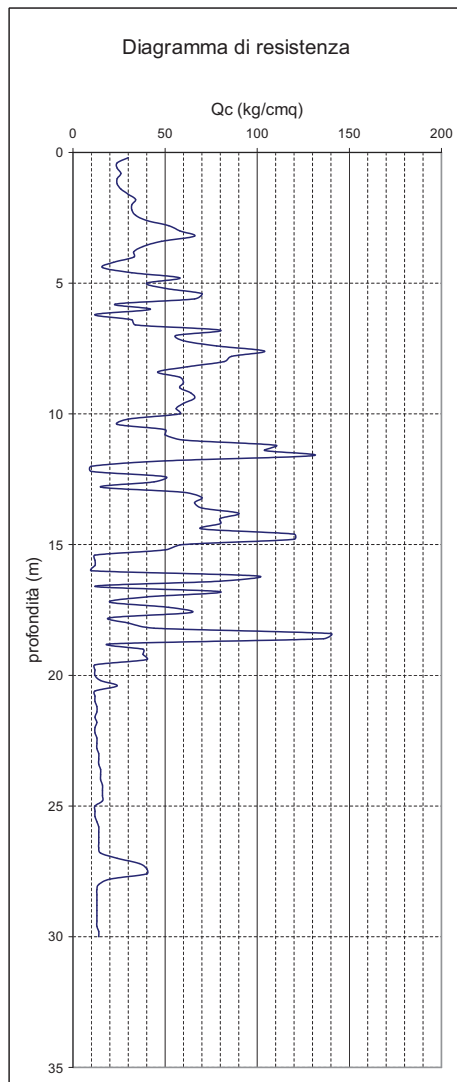
$$T1 = \left(\sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i \right) / H$$

$$T1 = \frac{\sum_{i=1}^n 4 \cdot H_i}{V_{si}}$$

ANDRUS	V _{s30}
200,65	m/sec

dati dei periodi naturali di ciascuno strato										s ₁		VS30 normalizzata		VS30					
prf.	RP	RP/R	Z1	Z2	DH	mezzo strat	litologia	qc(kg/cm2)	τ _n (kg/cm2)	A	a	V _{s1} i	V _{s1} i	DH _{Vs1} i	τ _n (kg/cm2)	τ _n (kg/cm2)	H i · V _{s1} i		
0,2	30	45	0	0,2	0,2	0,1	SABBIA	30	0,037	53,64	0,33	283,9	124,5	0,0	0,037	-0,2435	24,9		
0,4	24	36	0,2	0,4	0,2	0,3	UMO	24	0,074	77,83	0,24	228,1	119,0	0,0	0,074	-0,1895	23,8		
0,6	24	36	0,4	0,6	0,2	0,5	UMO	24	0,111	77,83	0,24	217,2	125,4	0,0	0,111	-0,1355	25,1		
0,8	26	33	0,6	0,8	0,2	0,7	UMO	26	0,148	77,83	0,24	213,9	132,7	0,0	0,148	-0,0815	26,5		
1	24	30	0,8	1	0,2	0,9	UMO	24	0,185	77,83	0,24	204,3	134,0	0,0	0,185	-0,0275	26,8		
1,2	24	30	1	1,2	0,2	1,1	UMO	24	0,222	77,83	0,24	199,9	137,2	0,0	0,222	0,0265	27,4		
1,4	26	28	1,2	1,4	0,2	1,3	UMO	26	0,259	77,83	0,24	200,1	142,7	0,0	0,259	0,0805	28,5		
1,6	30	38	1,4	1,6	0,2	1,5	UMO	30	0,296	77,83	0,24	203,8	150,3	0,0	0,296	0,1345	30,1		
1,8	34	36	1,6	1,8	0,2	1,7	UMO	34	0,333	77,83	0,24	207,0	157,3	0,0	0,333	0,1885	31,5		
2	32	34	1,8	2	0,2	1,9	UMO	32	0,37	77,83	0,24	201,5	157,1	0,0	0,37	0,2425	31,4		
2,2	32	30	2	2,2	0,2	2,1	UMO	32	0,407	77,83	0,24	199,2	159,1	0,0	0,407	0,2965	31,8		
2,4	34	32	2,2	2,4	0,2	2,3	UMO	34	0,444	77,83	0,24	200,0	163,3	0,0	0,444	0,3505	32,7		
2,6	40	30	2,4	2,6	0,2	2,5	UMO	40	0,481	77,83	0,24	206,0	171,5	0,0	0,481	0,4045	34,3		
2,8	52	35	2,6	2,8	0,2	2,7	UMO	52	0,518	77,83	0,24	217,4	184,4	0,0	0,518	0,4585	36,9		
3	58	40	2,8	3	0,2	2,9	SABBIA	58	0,555	53,64	0,33	225,7	194,8	0,0	0,555	0,5125	39,0		
3,2	66	45	3	3,2	0,2	3,1	SABBIA	66	0,592	53,64	0,33	233,1	204,4	0,0	0,592	0,5665	40,9		
3,4	48	33	3,2	3,4	0,2	3,3	UMO	48	0,629	77,83	0,24	208,4	185,6	0,0	0,629	0,6205	37,1		
3,6	38	34	3,4	3,6	0,2	3,5	UMO	38	0,666	77,83	0,24	195,6	176,7	0,0	0,666	0,6745	35,3		
3,8	33	495	3,6	3,8	0,2	3,7	SABBIA	33	0,7285	53,64	0,33	179,2	165,5	0,0	0,703	0,7285	33,1		
4	33	50	3,8	4	0,2	3,9	SABBIA	33	0,7825	53,64	0,33	177,1	166,5	0,0	0,74	0,7825	33,3		
4,2	22	33	4	4,2	0,2	4,1	UMO	22	0,8365	77,83	0,24	167,0	159,7	0,0	0,777	0,8365	31,9		
4,4	17	42	4,4	4,4	0,2	4,3	ARGILLA	16	0,8905	80,64	0,28	178,1	173,0	0,0	0,814	0,8905	34,6		
4,6	32	34	4,4	4,6	0,2	4,5	UMO	32	0,9445	77,83	0,24	180,0	177,5	0,0	0,851	0,9445	35,5		
4,8	58	33	4,6	4,8	0,2	4,7	UMO	58	0,9985	77,83	0,24	206,3	206,2	0,0	0,888	0,9985	41,2		
5	40	27	4,8	5	0,2	4,9	UMO	40	1,0525	77,83	0,24	187,5	189,9	0,0	0,925	1,0525	38,0		
5,2	50	42	5	5,2	0,2	5,1	SABBIA	50	1,1065	53,64	0,33	191,8	196,7	0,0	0,962	1,1065	39,3		
5,4	70	35	5,2	5,4	0,2	5,3	UMO	70	1,1605	77,83	0,24	211,9	220,0	0,0	0,999	1,1605	44,0		
5,6	66	37	5,4	5,6	0,2	5,5	UMO	66	1,2145	77,83	0,24	207,8	218,2	0,0	1,036	1,2145	43,6		
5,8	23	19	5,6	5,8	0,2	5,7	ARGILLA	23	1,2685	80,64	0,28	187,7	199,2	0,0	1,073	1,2685	39,8		
6	42	63	5,8	6	0,2	5,9	SABBIA	42	1,3225	53,64	0,33	175,8	188,6	0,0	1,11	1,3225	37,7		
6,2	12	90	6	6,2	0,2	6,1	SABBIA	12	1,3765	53,64	0,33	115,5	125,1	0,0	1,147	1,3765	25,0		
6,4	32	22	6,2	6,4	0,2	6,3	UMO	32	1,4305	77,83	0,24	171,3	187,3	0,0	1,184	1,4305	37,5		
6,6	34	36	6,4	6,6	0,2	6,5	UMO	34	1,4845	77,83	0,24	173,0	191,0	0,0	1,221	1,4845	38,2		
6,8	80	37	6,6	6,8	0,2	6,7	UMO	80	1,5385	77,83	0,24	211,6	235,6	0,0	1,258	1,5385	47,1		
7	56	35	6,8	7	0,2	6,9	UMO	56	1,5925	77,83	0,24	193,4	217,3	0,0	1,295	1,5925	43,5		
7,2	60	64	7	7,2	0,2	7,1	SABBIA	60	1,6465	53,64	0,33	190,8	217,3	0,0	1,332	1,6465	43,2		
7,4	78	37	7,2	7,4	0,2	7,3	UMO	78	1,7005	77,83	0,24	207,8	237,3	0,0	1,369	1,7005	47,5		
7,6	104	52	7,4	7,6	0,2	7,5	SABBIA	104	1,7545	53,64	0,33	226,4	260,5	0,0	1,406	1,7545	52,1		
7,8	86	54	7,6	7,8	0,2	7,7	SABBIA	86	1,8085	53,64	0,33	211,6	245,3	0,0	1,443	1,8085	49,1		
8	82	56	7,8	8	0,2	7,9	SABBIA	82	1,8625	53,64	0,33	207,2	242,1	0,0	1,48	1,8625	48,4		
8,2	62	27	8	8,2	0,2	8,1	UMO	62	1,9165	77,83	0,24	193,8	228,1	0,0	1,517	1,9165	45,6		
8,4	46	31	8,2	8,4	0,2	8,3	UMO	46	1,9705	77,83	0,24	179,8	213,1	0,0	1,554	1,9705	42,6		
8,6	58	40	8,4	8,6	0,2	8,5	SABBIA	58	2,0245	53,64	0,33	182,3	217,5	0,0	1,591	2,0245	43,5		
8,8	60	41	8,6	8,8	0,2	8,7	SABBIA	60	2,0785	53,64	0,33	183,6	220,4	0,0	1,628	2,0785	44,1		
9	58	40	8,8	9	0,2	8,9	SABBIA	58	2,1325	53,64	0,33	180,8	218,5	0,0	1,665	2,1325	43,7		
9,2	64	48	9	9,2	0,2	9,1	SABBIA	64	2,1865	53,64	0,33	186,0	226,2	0,0	1,702	2,1865	45,2		
9,4	96	41	9,2	9,4	0,2	9,3	SABBIA	66	2,2405	53,64	0,33	187,1	228,9	0,0	1,739	2,2405	45,8		
9,6	60	35	9,4	9,6	0,2	9,5	UMO	60	2,2945	77,83	0,24	188,2	231,6	0,0	1,776	2,2945	46,3		
9,8	56	38	9,6	9,8	0,2	9,7	UMO	56	2,3485	77,83	0,24	184,6	228,5	0,0	1,813	2,3485	45,7		
10	58	54	9,8	10	0,2	9,9	SABBIA	58	2,4025	53,64	0,33	177,3	220,7	0,0	1,85	2,4025	44,1		
10,2	30	32	10	10,2	0,2	10,1	UMO	30	2,4565	77,83	0,24	158,1	197,9	0,0	1,887	2,4565	39,6		
10,4	24	90	10,2	10,4	0,2	10,3	SABBIA	24	2,5105	53,64	0,33	131,5	165,6	0,0	1,924	2,5105	33,1		
10,6	50	47	10,4	10,6	0,2	10,5	SABBIA	50	2,5645	53,64	0,33	167,0	211,3	0,0	1,961	2,5645	42,3		
10,8	50	38	10,6	10,8	0,2	10,7	UMO	50	2,6185	77,83	0,24	177,3	225,6	0,0	1,998	2,6185	45,1		
11	60	90	10,8	11	0,2	10,9	SABBIA	60	2,6725	53,64	0,33	176,1	225,2	0,0	2,035	2,6725	45,0		
11,2	110	63	11	11,2	0,2	11,1	SABBIA	110	2,7265	53,64	0,33	214,4	275,5	0,0	2,072	2,7265	55,1		
11,4	104	56	11,2	11,4	0,2	11,3	SABBIA	104	2,7805	53,64	0,33	209,8	270,9	0,0	2,109	2,7805	54,2		
11,6	130	39	11,4	11,6	0,2	11,5	UMO	130	2,8345	77,83	0,24	220,9	286,6	0,0	2,146	2,8345	57,3		
11,8	50	42	11,6	11,8	0,2	11,7	SABBIA	50	2,8885	53,64	0,33	163,7	213,5	0,0	2,183	2,8885	42,7		
12	10	60	11,8	12	0,2	11,9	ARGILLA	10	2,9425	80,64	0,28	132,1	173,0	0,0	2,22	2,9425	36,6		
12,2	10	15	12	12,2	0,2	12,1	UMO	10	2,9965	80,64	0,28	131,8	173,4	0,0	2,257	2,9965	34,7		
12,4	50	375	12,2	12,4	0,2	12,3	SABBIA	50	3,0505	53,64	0,33	162,3	214,4	0,0	2,294	3,0505	42,9		
12,6	44	51	12,4	12,6	0,2	12,5	SABBIA	44	3,1045	53,64	0,33	155,1	205,9	0,0	2,331	3,1045	41,2		
12,8	15	56	12,6	12,8	0,2	12,7	SABBIA	15	3,1585	53,64	0,33	108,4	144,6	0,0	2,368	3,1585	28,9		
13	60	35	12,8	13	0,2	12,9	UMO	60	3,2125	77,83	0,24	180,8	242,0	0,0	2,405	3,2125	48,4		
13,2	70	44	13	13,2	0,2	13,1	SABBIA	70	3,2665	53,64	0,33	179,3	241,0	0,0	2,442	3,2665	48,2		
13,4	66	50	13,2	13,4	0,2	13,3	SABBIA	66	3,3205	53,64	0,33	175,4	236,7	0,0	2,479	3,3205	47,3		

23,2	14	15	23	23,2	0,2	23,1	ARGILLA	14	5,9665	80,64	0,28	131,5	205,5	0,0	4,292	5,9665	41,1
23,4	14	14	23,2	23,4	0,2	23,3	ARGILLA	14	6,0205	80,64	0,28	131,3	205,7	0,0	4,329	6,0205	41,1
23,6	15	13	23,4	23,6	0,2	23,5	ARGILLA	15	6,0745	80,64	0,28	133,7	209,9	0,0	4,366	6,0745	42,0
23,8	15	13	23,6	23,8	0,2	23,7	ARGILLA	15	6,1285	80,64	0,28	133,5	210,1	0,0	4,403	6,1285	42,0
24	15	14	23,8	24	0,2	23,9	ARGILLA	15	6,1825	80,64	0,28	133,4	210,3	0,0	4,44	6,1825	42,1
24,2	16	15	24	24,2	0,2	24,1	ARGILLA	16	6,2365	80,64	0,28	135,6	214,4	0,0	4,477	6,2365	42,9
24,4	16	15	24,2	24,4	0,2	24,3	ARGILLA	16	6,2905	80,64	0,28	135,5	214,6	0,0	4,514	6,2905	42,9
24,6	16	15	24,4	24,6	0,2	24,5	ARGILLA	16	6,3445	80,64	0,28	135,3	214,8	0,0	4,551	6,3445	43,0
24,8	16	20	24,6	24,8	0,2	24,7	LIMO	16	6,3985	77,83	0,24	121,2	192,7	0,0	4,588	6,3985	38,5
25	12	15	24,8	25	0,2	24,9	ARGILLA	12	6,4525	80,64	0,28	124,6	198,5	0,0	4,625	6,4525	39,7
25,2	12	15	25	25,2	0,2	25,1	ARGILLA	12	6,5065	80,64	0,28	124,4	198,7	0,0	4,662	6,5065	39,7
25,4	12	14	25,2	25,4	0,2	25,3	ARGILLA	12	6,5605	80,64	0,28	124,3	198,9	0,0	4,699	6,5605	39,8
25,6	13	14	25,4	25,6	0,2	25,5	ARGILLA	13	6,6145	80,64	0,28	126,9	203,6	0,0	4,736	6,6145	40,7
25,8	14	15	25,6	25,8	0,2	25,7	ARGILLA	14	6,6685	80,64	0,28	129,5	208,0	0,0	4,773	6,6685	41,6
26	14	15	25,8	26	0,2	25,9	ARGILLA	14	6,7225	80,64	0,28	129,3	208,2	0,0	4,81	6,7225	41,6
26,2	14	15	26	26,2	0,2	26,1	ARGILLA	14	6,7765	80,64	0,28	129,2	208,4	0,0	4,847	6,7765	41,7
26,4	14	15	26,2	26,4	0,2	26,3	ARGILLA	14	6,8305	80,64	0,28	129,0	208,6	0,0	4,884	6,8305	41,7
26,6	14	16	26,4	26,6	0,2	26,5	ARGILLA	14	6,8845	80,64	0,28	128,9	208,8	0,0	4,921	6,8845	41,8
26,8	15	38	26,6	26,8	0,2	26,7	LIMO	15	6,9385	77,83	0,24	118,2	191,8	0,0	4,958	6,9385	38,4
27	24	26	26,8	27	0,2	26,9	LIMO	24	6,9925	77,83	0,24	132,1	214,9	0,0	4,995	6,9925	43,0
27,2	36	30	27	27,2	0,2	27,1	LIMO	36	7,0465	77,83	0,24	145,5	237,1	0,0	5,032	7,0465	47,4
27,4	40	33	27,2	27,4	0,2	27,3	LIMO	40	7,1005	77,83	0,24	149,1	243,4	0,0	5,069	7,1005	48,7
27,6	40	30	27,4	27,6	0,2	27,5	LIMO	40	7,1545	77,83	0,24	149,0	243,6	0,0	5,106	7,1545	48,7
27,8	20	21	27,6	27,8	0,2	27,7	LIMO	20	7,2085	77,83	0,24	126,0	206,5	0,0	5,143	7,2085	41,3
28	14	19	27,8	28	0,2	27,9	ARGILLA	14	7,2625	80,64	0,28	127,9	210,0	0,0	5,18	7,2625	42,0
28,2	13	18	28	28,2	0,2	28,1	ARGILLA	13	7,3165	80,64	0,28	125,2	205,8	0,0	5,217	7,3165	41,2
28,4	13	18	28,2	28,4	0,2	28,3	ARGILLA	13	7,3705	80,64	0,28	125,0	206,0	0,0	5,254	7,3705	41,2
28,6	13	18	28,4	28,6	0,2	28,5	ARGILLA	13	7,4245	80,64	0,28	124,9	206,2	0,0	5,291	7,4245	41,2
28,8	13	18	28,6	28,8	0,2	28,7	ARGILLA	13	7,4785	80,64	0,28	124,8	206,3	0,0	5,328	7,4785	41,3
29	13	18	28,8	29	0,2	28,9	ARGILLA	13	7,5325	80,64	0,28	124,6	206,5	0,0	5,365	7,5325	41,3
29,2	13	18	29	29,2	0,2	29,1	ARGILLA	13	7,5865	80,64	0,28	124,5	206,7	0,0	5,402	7,5865	41,3
29,4	13	18	29,2	29,4	0,2	29,3	ARGILLA	13	7,6405	80,64	0,28	124,4	206,8	0,0	5,439	7,6405	41,4
29,6	13	14	29,4	29,6	0,2	29,5	ARGILLA	13	7,6945	80,64	0,28	124,3	207,0	0,0	5,476	7,6945	41,4
29,8	14	18	29,6	29,8	0,2	29,7	ARGILLA	14	7,7485	80,64	0,28	126,8	211,5	0,0	5,513	7,7485	42,3
30	14	18	29,8	30	0,2	29,9	ARGILLA	14	7,8025	80,64	0,28	126,6	211,6	0,0	5,55	7,8025	42,3



Il valore di Vs30 calcolato risulta: Vs30 = 165 m/s e quindi il F.A. è 1,5.

$$V_{s30} = 165 \text{ m/s}$$

Con il foglio di calcolo è stato stimato anche il periodo fondamentale T1 del deposito stratificato orizzontalmente, utilizzando le due correlazioni proposte da Dobry et alii, 1976, modificato in Linee Guida AGI “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” 2005.

I due metodi utilizzano le seguenti espressioni:

media pesata delle velocità delle onde di taglio:

$$T_1 = 4H / \bar{V}_s = 0,58 \text{ sec}$$

$$\bar{V}_s = \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i / H$$

somma dei periodi naturali di ciascuno strato

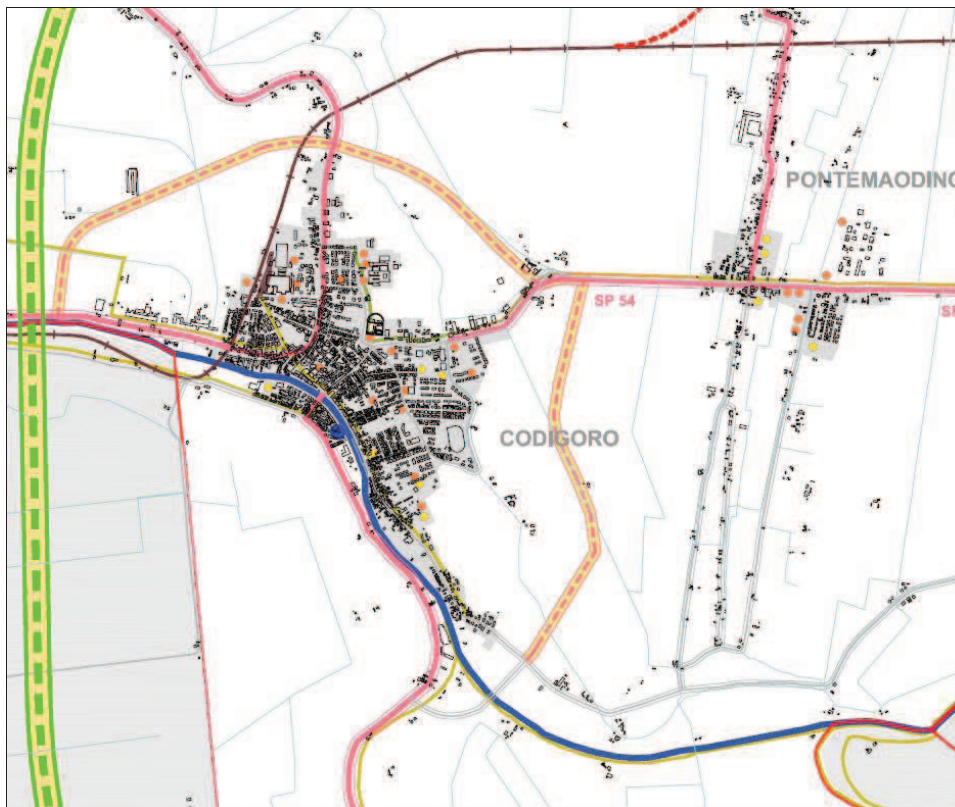
$$T_1 = 2\pi / \omega_4 = 0,60 \text{ sec}$$

$$\omega_4^2 = \left(3 \cdot \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i \right) / H^3$$

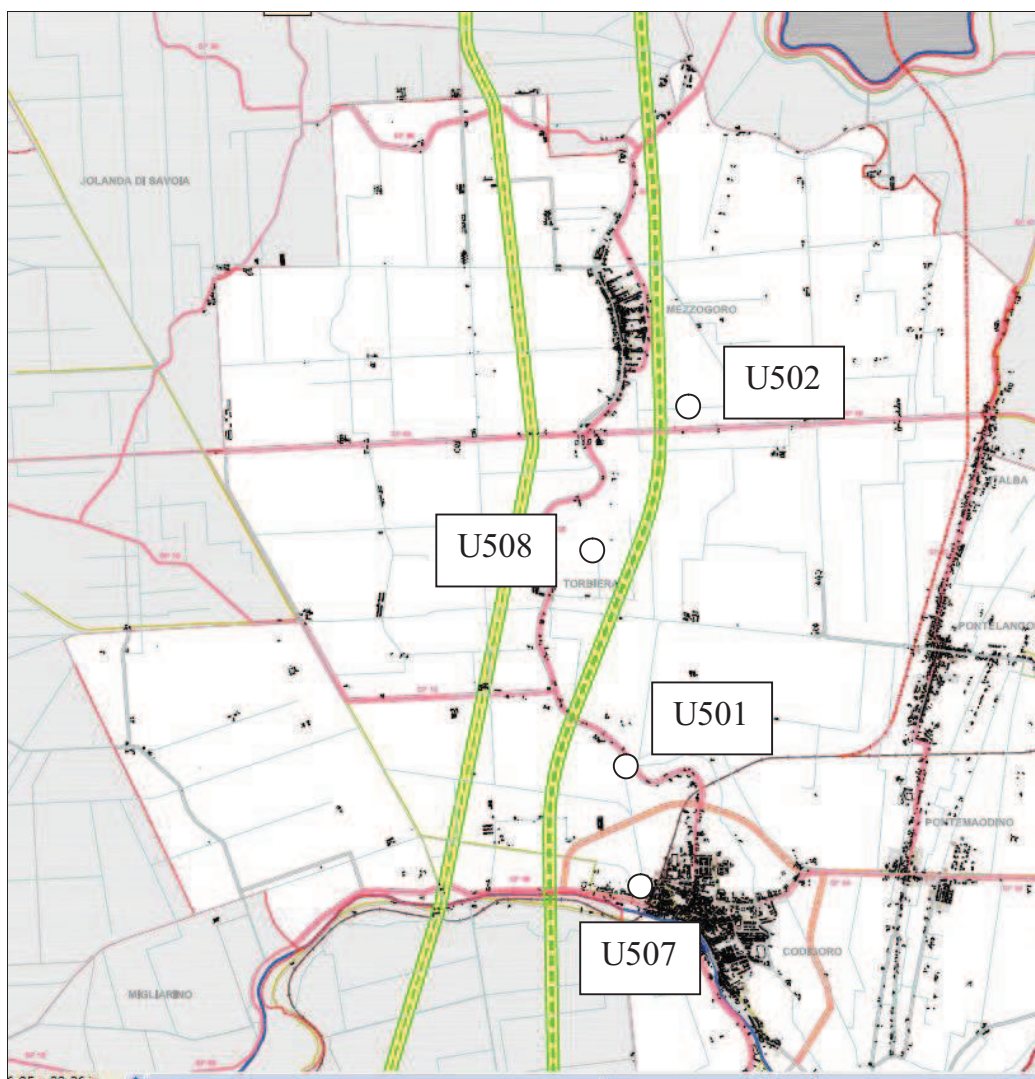
- PGA su suolo rigido 0,079g
- Il fattore di amplificazione F.A. è 1,5.
- Magnitudo da catalogo dei terremoti storici Mw<5,0

CORRIDOI INFRASTRUTTURALI

24.1 LA E55 E LA TANGENZIALE DI CODIGORO



Tracciato della tangenziale di Codigoro



Tracciati più PROBABILI della E55 nel territorio comunale di Codigoro

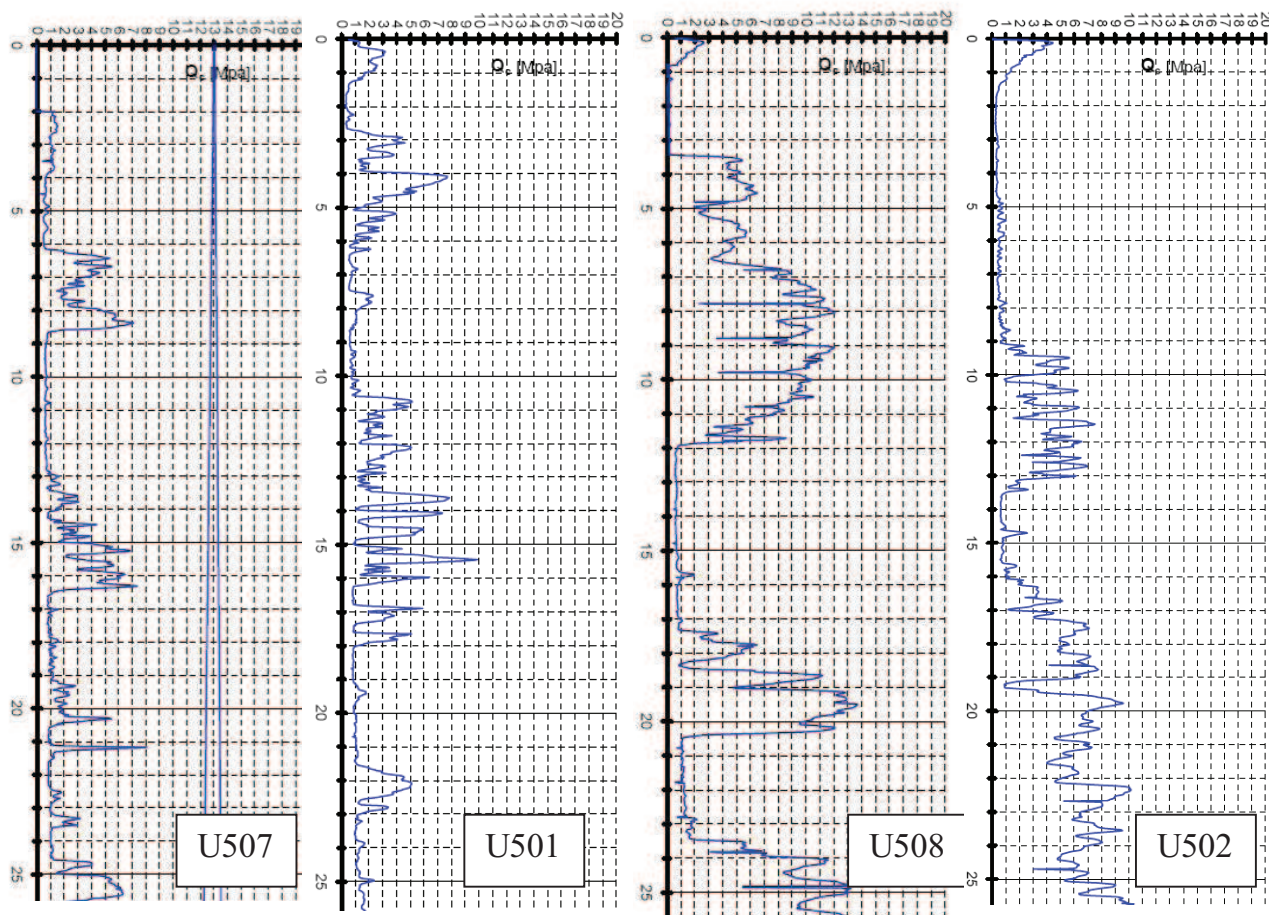
Queste due strade di progetto corrono sui terreni caratteristici della parte occidentale del comune di Codigoro, così rilevati nelle numerose indagini utilizzate per questo studio:

- prima crosta di terreni portati, costituiti da argille limose e limi argillosi consolidati per essiccamento, di spessore variabile tra 1,5m e 4m dal p.c.
- secondo potente banco costituito da fanghi molli di argille limose e limi argillosi, spesso organici molto compressibili;
- sabbie pleistoceniche a profondità generalmente comprese tra 24 e 30m dal p.c., estese per una decina di metri almeno, in profondità.

Generalmente solo nell'intersezione con il paleoalveo del fiume Po di Volano e con il paleoalveo del fiume Gaurus sono presenti sabbie portanti più prossime ai piani campagna.

Quindi, generalmente il tracciato attraversa aree in cui è possibile la presenza di sedimenti coesivi soffici ($Cu \leq 70 \text{ kPa}$) e con indice di plasticità IP superiore al 30%. Questo può indurre cedimenti postsismici significativi dal punto di vista ingegneristico. Nelle fasce di intersezione con i paleoalvei si passa sopra a banchi sabbiosi immersi in falda, per cui anche in questo caso si possono avere cedimenti postsismici significativi.

L'amplificazione sismica è raccomandabile considerarla sempre con il massimo valore, in quanto in queste condizioni stratigrafiche, si hanno forti contrasti di rigidezza tra le sabbie pleistoceniche continentali e i sovrastanti depositi di fanghi molli, che caratterizzano le sequenze stratigrafiche del codigorese.



L'opera della E55 è a così grande valore strategico, che la sua realizzazione è fattibile in questo contesto geotecnico, idraulico e sismico, ma a costi molto elevati. Solo valutazioni politico-economiche possono stabilire quanto questo costo possa essere giudicato "elevato" in funzione del ritorno economico che può portare il potenziamento di questo corridoio stradale che collegherebbe in modo più efficiente Roma con l'Europa dell'est.

L'opera è stata già progettata diverse volte, il tracciato è stato già investigato, le problematiche sono già tutte note. Anche lo scrivente ha partecipato nel 2003 per conto di SPEA SPA alla progettazione di massima dell'ipotizzata nuova arteria stradale.

Fare ulteriore considerazioni in questa sede di studi comunali, per un'opera di valenza sovraterritoriale, di carattere sovra-nazionale, risulta un po' difficile.

I diagrammi di resistenza delle CPT sopra riportate raccontano già tutto di terreni molto compressibili e dalle basse capacità portanti.

25.1 LA FERROVIA CODIGORO -ADRIA

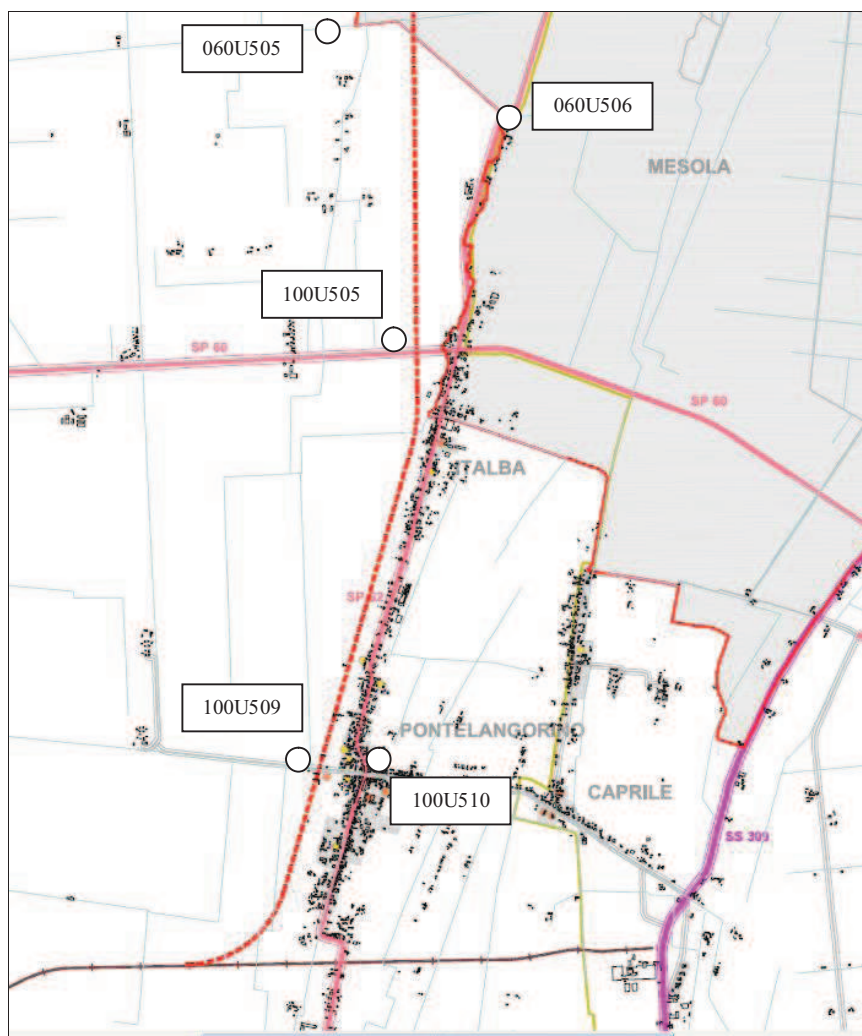


FIGURA 25.1. Tracciato della ferrovia Codigoro - Adria

La ferrovia di progetto si sviluppa in senso sud-nord parallelamente e costeggiando il cordone di paleodune fossili dell'allineamento Pontemaodino-Pontelagorino-Italba-Massenzatica.

Si riportano i diagrammi della Qc di 5 prove CPTU dall'archivio regionale, scelte in prossimità del tracciato della ferrovia pianificata.

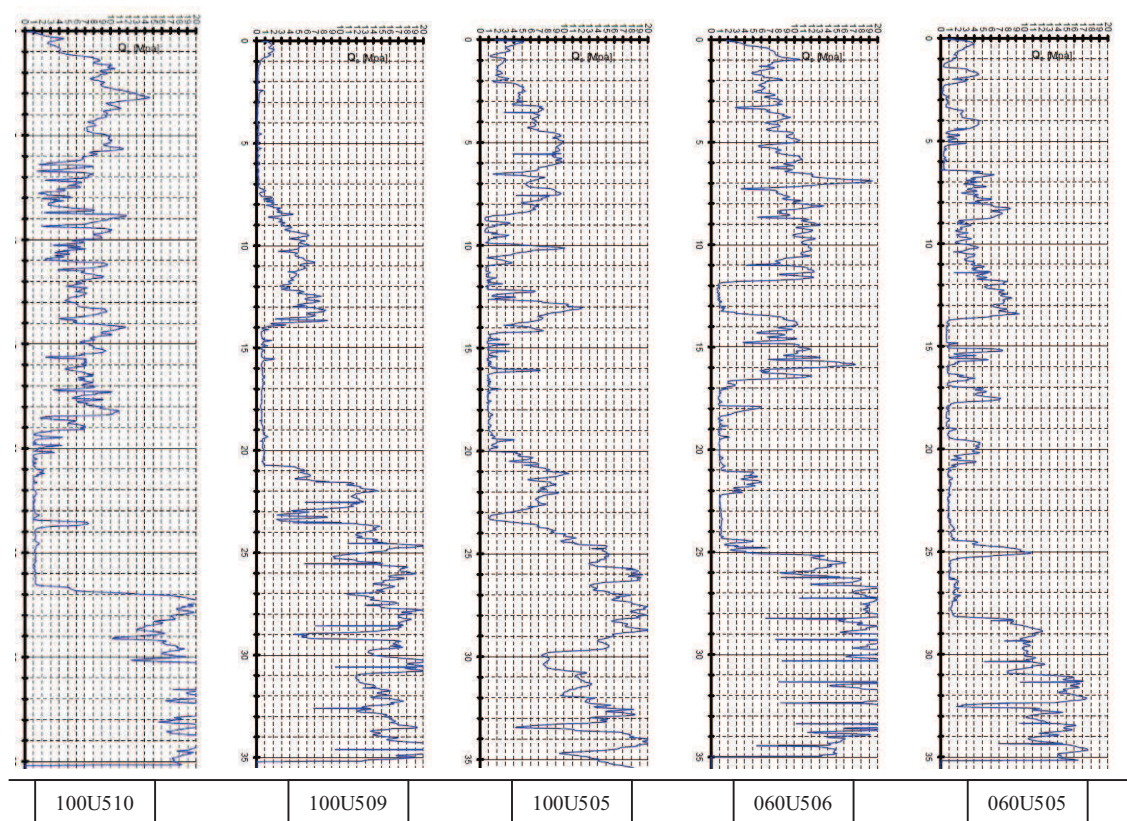


FIGURA 25.2. Diagrammi di resistenza delle CPTU bibliografiche

Aspetti geotecnici

Come si può notare, essendo il percorso sul margine di transizione tra l'allineamento di paleodune e la grande bonificazione ferrarese, si possono riscontrare importanti disomogeneità stratigrafiche anche in brevi spazi.

Più il tracciato sarà vicino alle dune e maggiore è la probabilità di rinvenire nel sottosuolo delle sabbie dalle buone caratteristiche geotecniche.

Aspetti sismici

In ogni caso, sia che ci si trovi in presenza di sabbie immerse in falda, sia che ci si trovi sui terreni palustri dell'area di bonifica (dove possono essere presenti terreni coesivi soffici e plastici) ci sono i caratteri predisponenti per la liquefazione delle sabbie e dei cedimenti post-sismici significativi sia dei granulari che dei coesivi.

Aspetti idraulici

Dal punto di vista delle penalizzazioni per gli aspetti idraulici, il tracciato corre nelle aree di bonifica, quindi topograficamente più basse rispetto alle quote su cui si sviluppano i paesi costeggiati dalla ferrovia.

In caso di black out del sistema di bonifica si possono riscontrare esposizioni importanti per estensioni al rischio di allagamento, ma non per le energie idrodinamiche che possono entrare in gioco. Gli allagamenti per black out del sistema di bonifica avvengono gradualmente per tracimazione dei canalini di scolo. L'acqua non prende velocità pericolose per le attività o per la vita umana.

Diverso il discorso, nel caso di alluvione fluviale dal fiume Po a nord. Essendo il fiume alveo pensile, l'energia potenziale in gioco è elevata, e si può tradurre in importante energia cinetica con velocità di flusso pericolose.

2. RISCHIO IDRAULICO

Tutte le aree di espansione residenziale o produttiva ricadono in zone di alto topografico, relativamente alla conformazione del territorio, per cui non esistono penalizzazioni differenziali tra le varie aree.

Tutto il territorio è comunque esposto al rischio di esondazione fluviale da parte del fiume Po di Volano a sud e da parte del fiume Po di Goro a nord (si rimanda alla relazione del quadro conoscitivo).

Anche il black out del sistema di bonifica è potenzialmente un fattore di rischio di allagamento.

La differenza per l'esposizione al rischio deriva proprio dalla posizione topografica e le aree di espansione sono state tutte individuate nelle zone alte del territorio.

Solo l'area di espansione "17" sita in Volano, che è racchiusa su tre lati da sistemi arginali quali il rilevato della strada di accesso al ponte sul Po di Volano, l'arginatura del Po di Volano e l'area urbanizzata ad ovest, può avere importanti difficoltà di drenaggio. Per una sua trasformazione urbanistica sarebbe utile un rialzo del piano campagna ed un buon sistema scolante (attualmente rilegato allo scolo Volano).