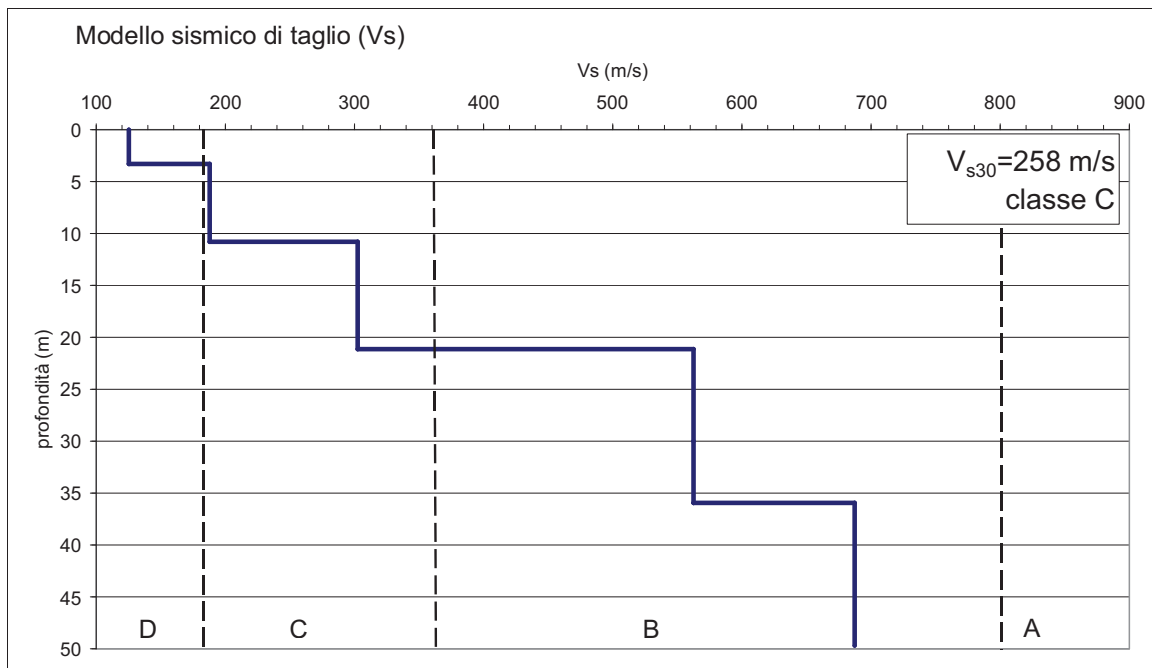




La Vs30 misurata è stata di:

$$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$$

per cui la categoria di suolo di fondazione risulta essere:

Categoria di suolo di fondazione = C

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

8.1 AREA 24

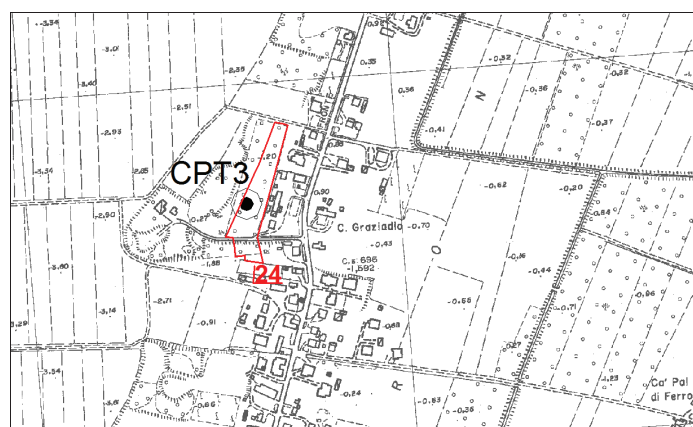


FIGURA 8.1.1 - Area 24, SCALA 1:10.000

L'**AREA 24** è ubicata ad ovest dell'abitato di Pontelagorino, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti urbani (**FIGURA 8.1.1**).

Il sito di intervento ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli, l'allineamento è quello Italba-Pontelagorino-Pontemaodino, verso est si susseguono una serie di importanti allineamenti di paleodune affioranti riconducibili dall'età del Ferro (il più occidentale), al periodo Romano, e all'alto medioevo (cordone su cui sorge l'Abbazia di Pomposa); a occidente del dosso morfologico Pontemaodino-Pontelagorino-Italba si estende il lembo più orientale della grande Bonificazione Ferrarese (1872). 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, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia** (**FIGURA 8.1.2**). L'area si sviluppa su quote di circa -1,20 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

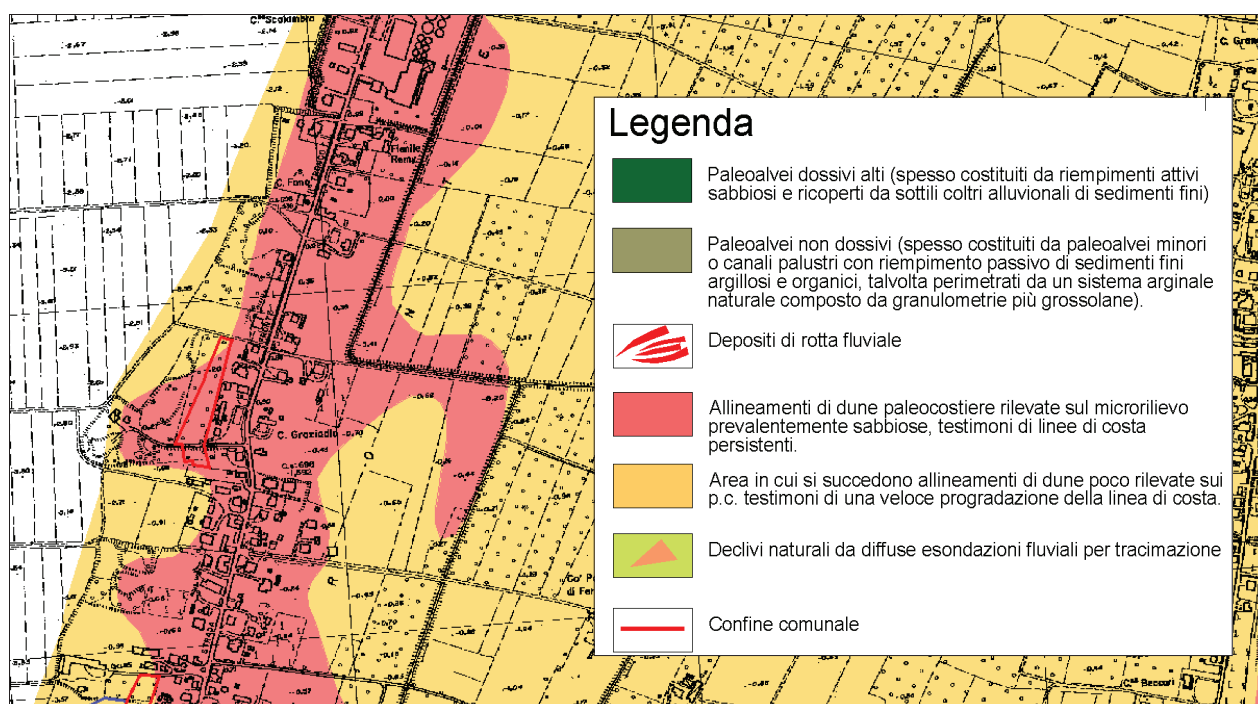


FIGURA 8.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 8.1.3** e **FIGURA 8.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

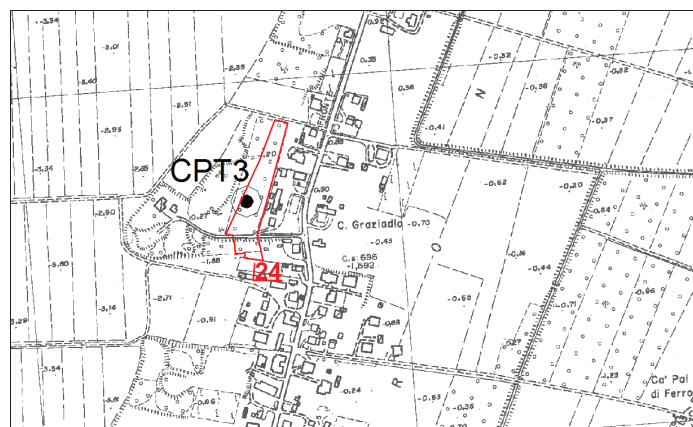


FIGURA 8.1.3 - Ubicazione CPT3 scala 1:10.000



FIGURA 8.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT3

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 8.1.5)**, risultano molto buone.

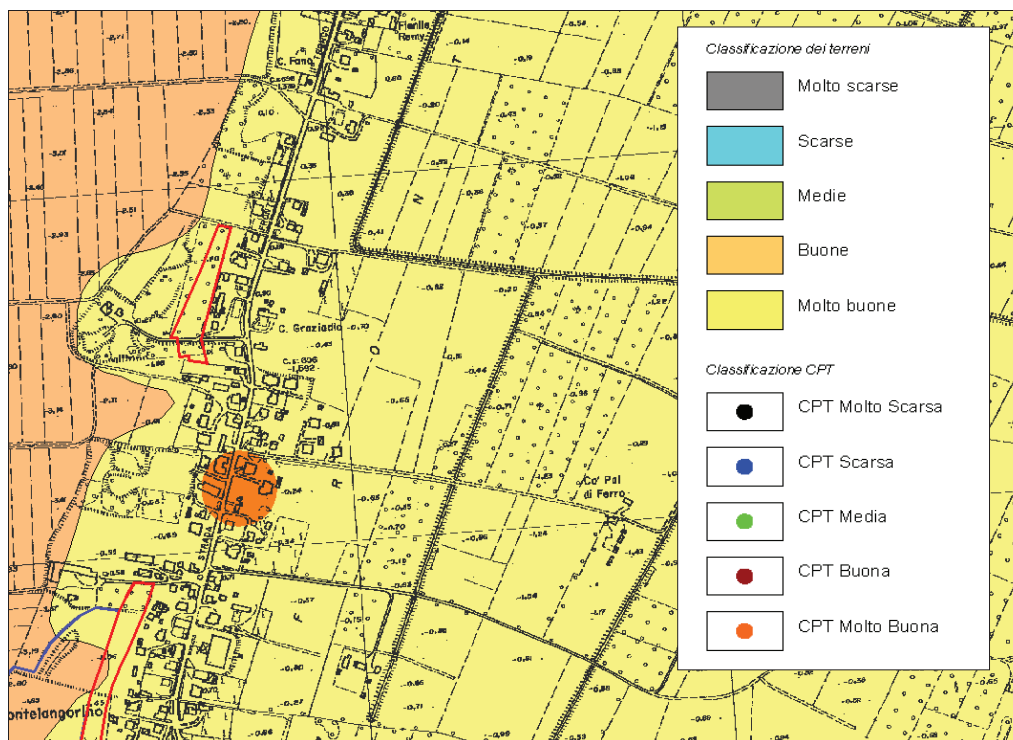


FIGURA 8.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 8.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT3, effettuata all'interno dell'area in esame.

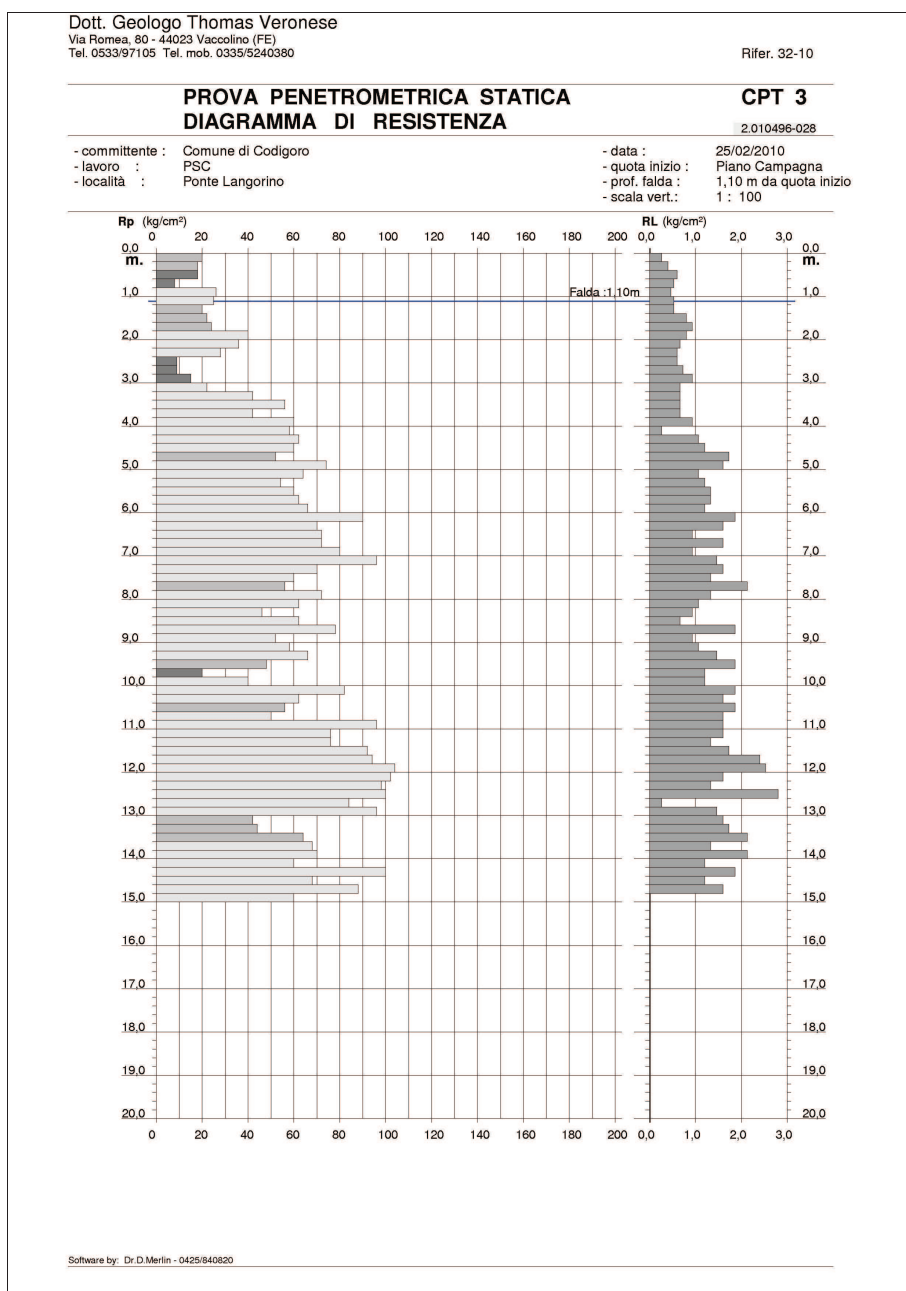


FIGURA 8.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT3

Nella **Tabella 8.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT3

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 – 3,20	21,30	8	1,90	0,40	65,10	45	20°6
3,20 – 10,00	61,20	42	1,95	0,18	214,30	63	31°6
10,00 – 15,00	77,30	40	1,98	0,27	270,50	56	32°7

Tabella 8.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -3,20 m da p.c. uno strato di terreni granulari sciolti un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 20 kg/cm^2 , poi da -3,20 m fino a -10,00 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 61 kg/cm^2 , poi da -10,00 m fino a -15,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rilevano nuovamente terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 77 kg/cm^2 .

8.1.1 AREA 24 – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 8.1.8) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per liquefazione dovuta a sabbie saturate.

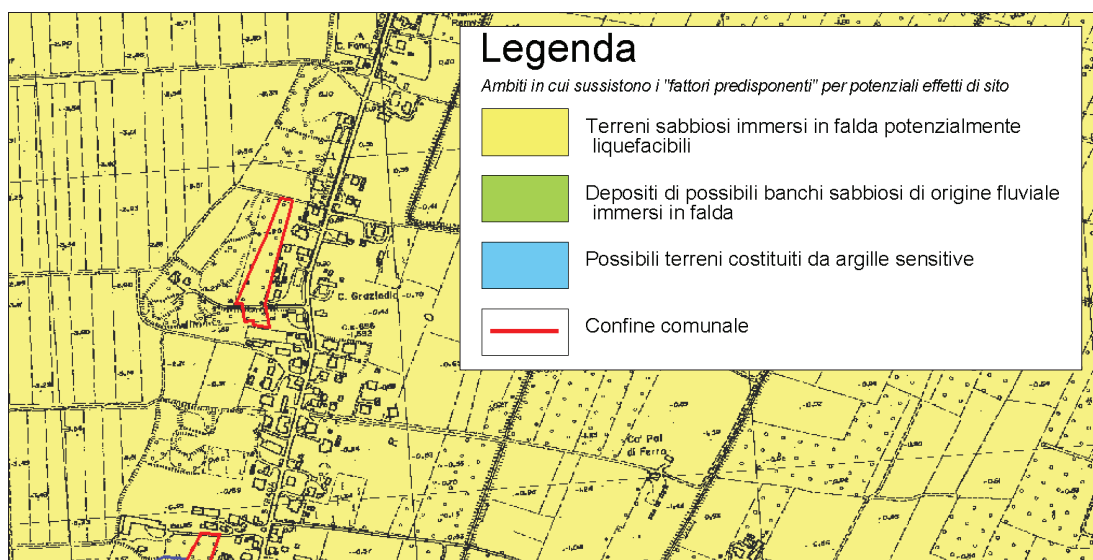


FIGURA 8.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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 penetrometrica statica CPT3 conferma la presenza di sabbie immerse in falda.

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

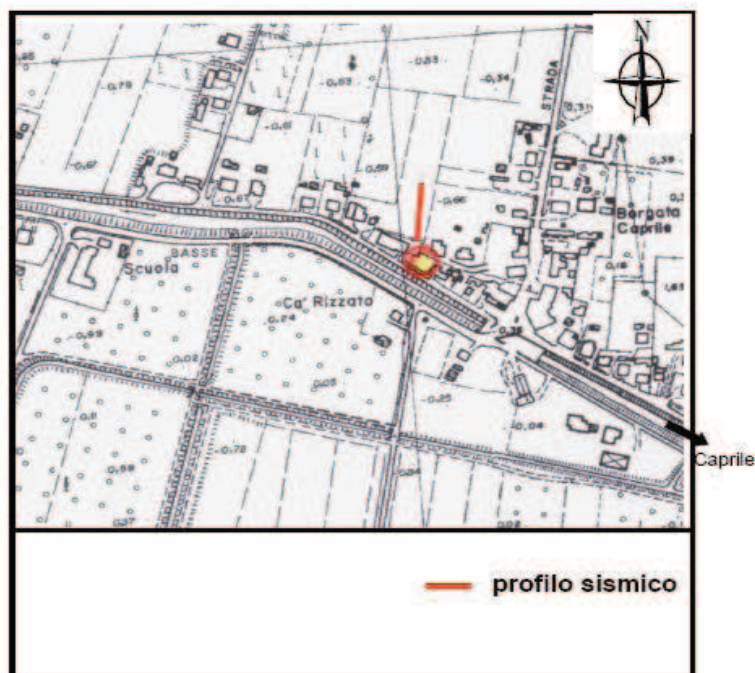
A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

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.

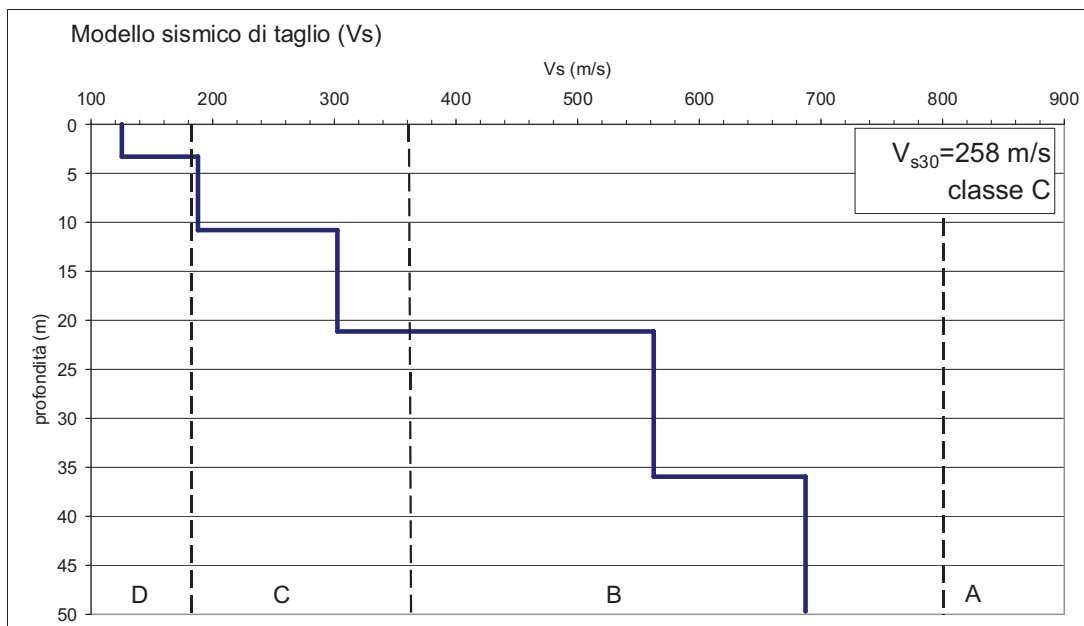
Viene considerato un profilo bibliografico in possesso dello scrivente che è stato fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) ad est dell'area in esame ma su terreni che presentano le medesime caratteristiche lito-stratigrafiche.

L'indagine geofisica effettuata con la tecnica "ReMi", in data 20.01.2006, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (50 m). Di seguito si riporta l'ubicazione dell'indagine.



Il modello sismico VS ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 187,9-687,3 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	125.3	3.3	3.3
2	187.9	10.8	7.5
3	302.5	21.1	10.3
4	562.5	35.9	14.8
5	687.3	49.7 (?)	-



La V_{s30} misurata è stata di:

$$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$$

per cui la categoria di suolo di fondazione risulta essere:

Categoria di suolo di fondazione = C

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

9.1 AREA 25

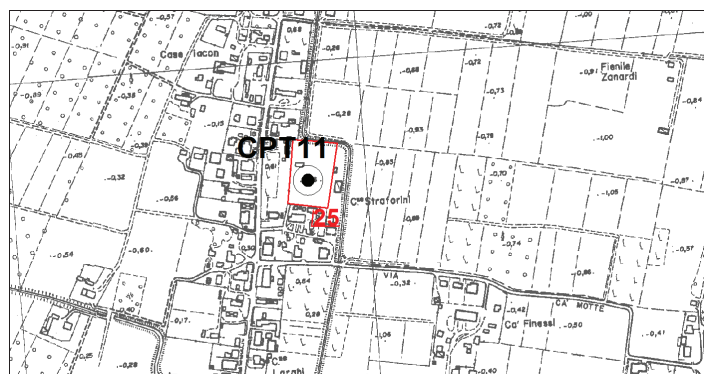


FIGURA 9.1.1 - Area 25, SCALA 1:10.000

L'AREA 25 è ubicata nell'abitato di Caprile, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti urbani (FIGURA 9.1.1).

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 9.1.2). L'area si sviluppa su quote di circa -0,10/-0,16 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

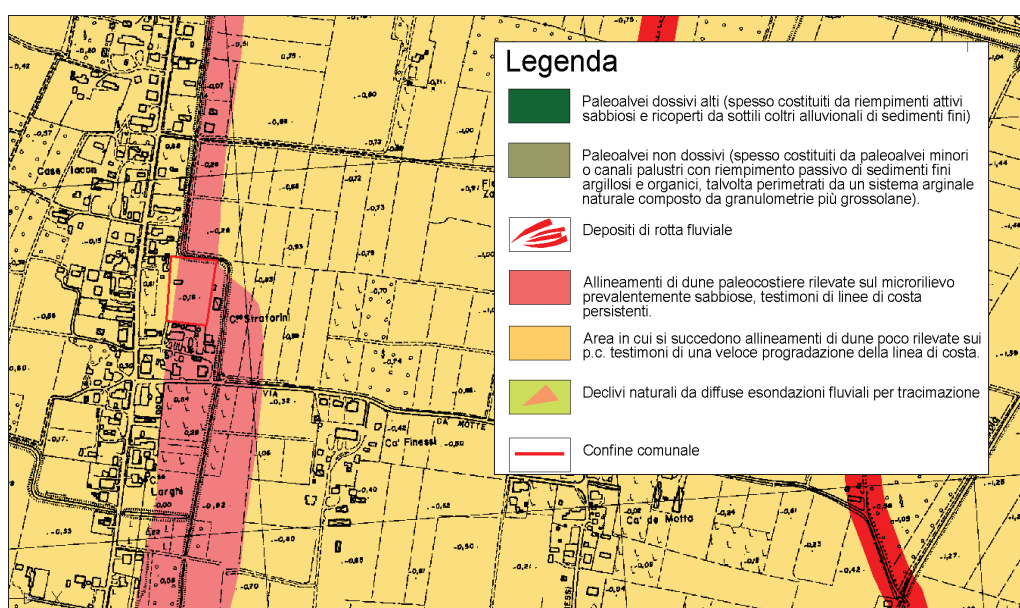


FIGURA 9.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 9.1.3** e **FIGURA 9.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

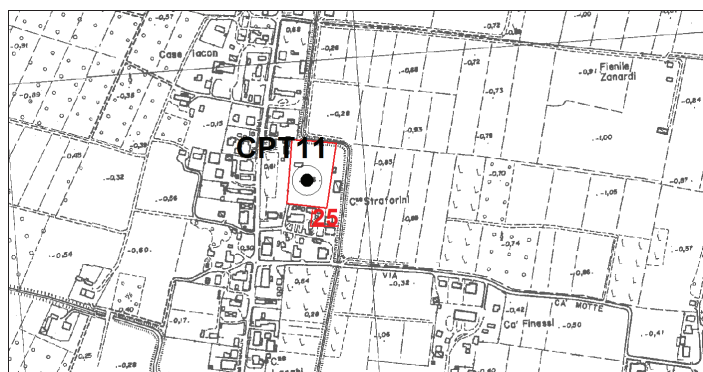


FIGURA 9.1.3 - Ubicazione CPT11 scala 1:10.000



FIGURA 9.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT11

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 9.1.5)**, risultano molto buone.

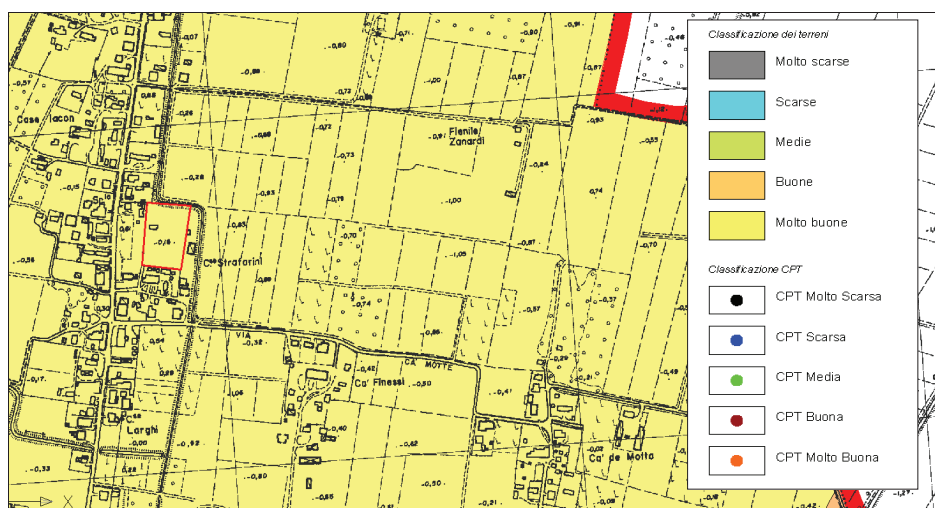


FIGURA 9.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 9.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT11, effettuata all'interno dell'area in esame.

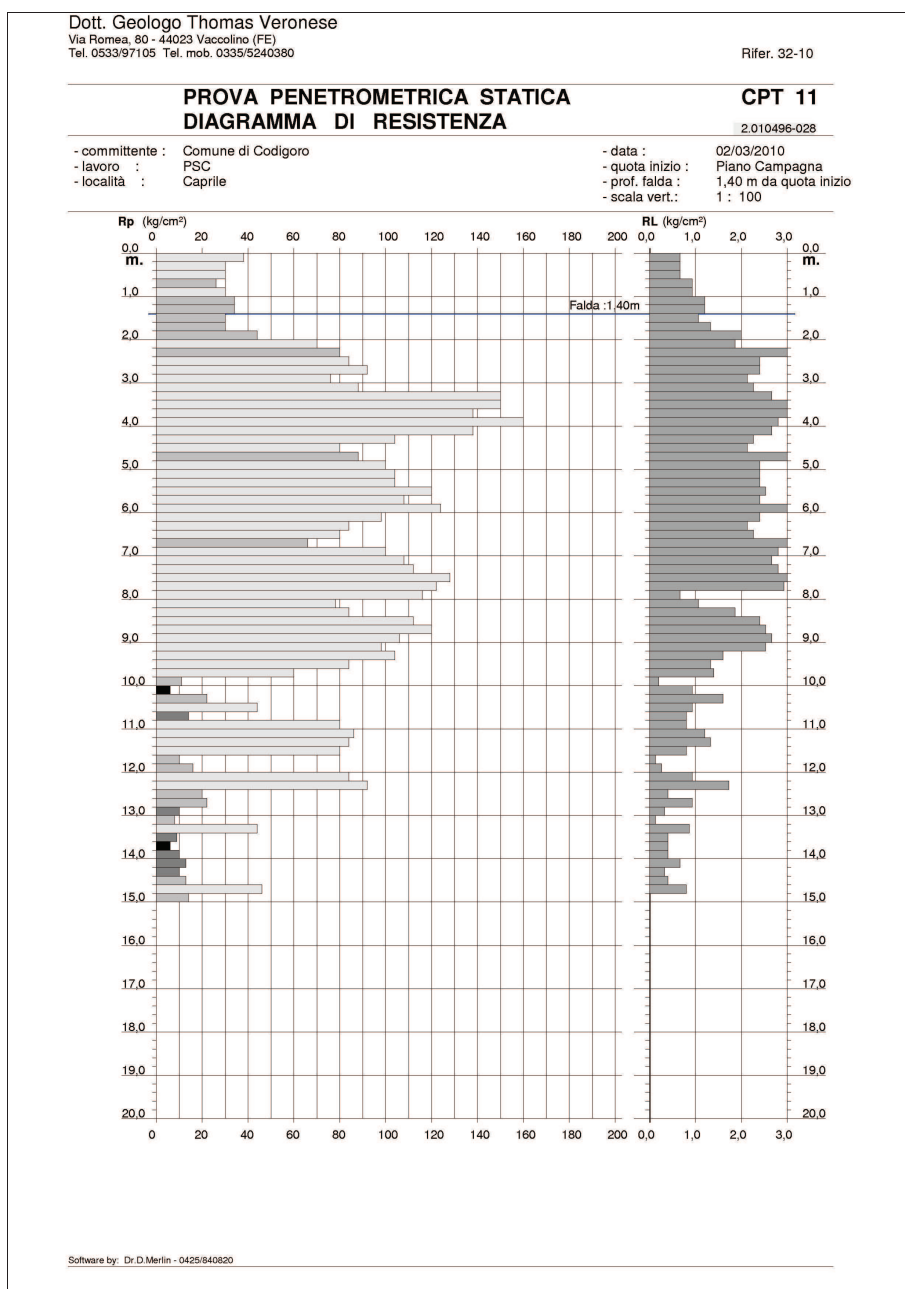


FIGURA 9.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT11

Nella **Tabella 9.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT11

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 – 2,00	32,00	26	1,98	0,74	112,00	74	29°1
2,00 – 9,80	103,00	66	2,01	0,20	360,60	82	33°9
9,80 – 15,00	32,80	6	1,88	0,37	105,30	20	21°4

Tabella 9.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -2,00 m da p.c. uno strato di terreni granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 32 kg/cm^2 , poi da -2,00 m fino a -9,80 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 103 kg/cm^2 , poi da -9,80 m fino a -15,00 m da p.c. si rileva uno strato di terreni granulari moderatamente addensati alternati a sottili lenti di terreni coesivi.

9.1.1 AREA 25 – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la **Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 9.1.8)** mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per liquefazione dovuta a sabbie sature.

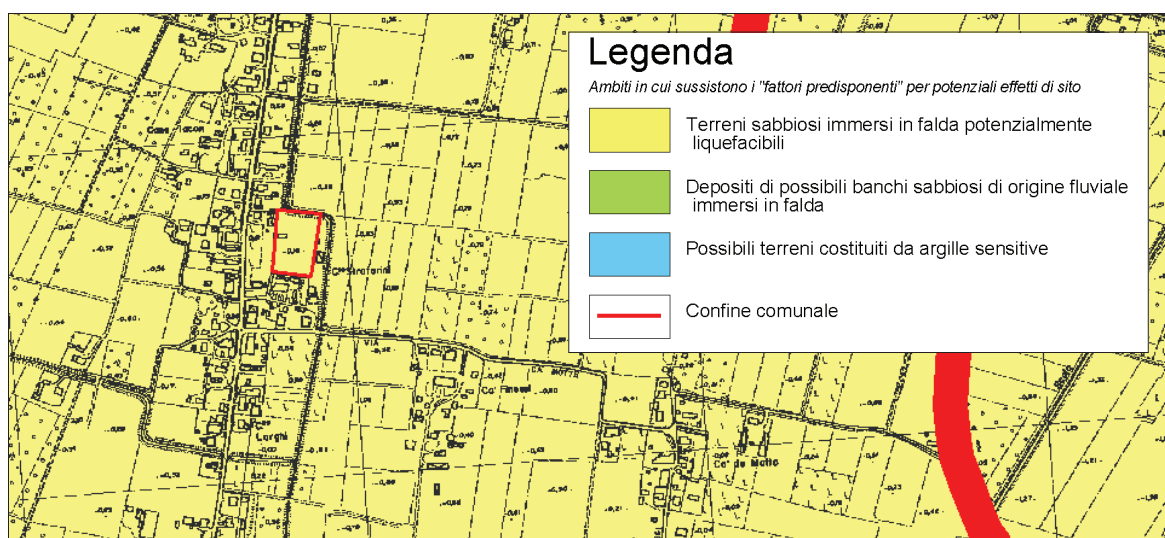


FIGURA 19.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **Il Livello di approfondimento:** si rende necessario effettuare una analisi semplificata per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale. La stratigrafia rilevata con la prova penetrometrica statica CPT11 conferma la presenza di sabbie immerse in falda.

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

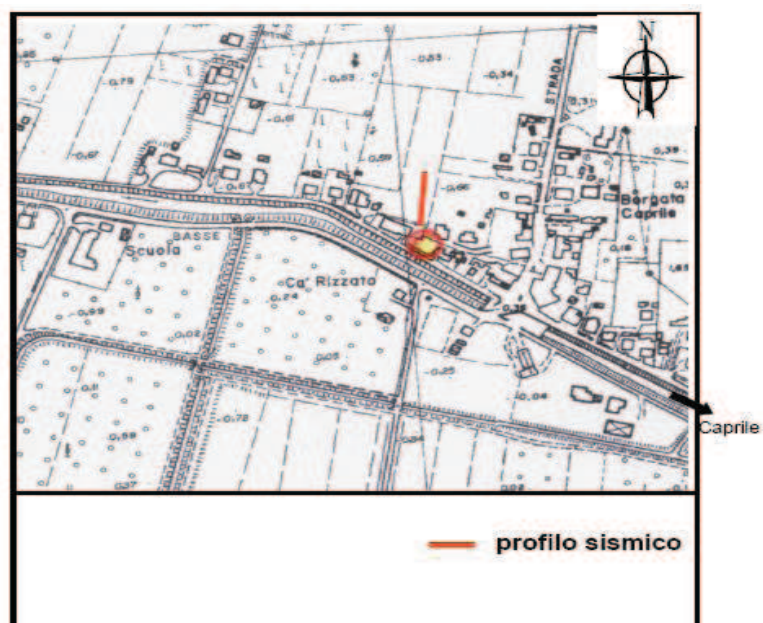
A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

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.

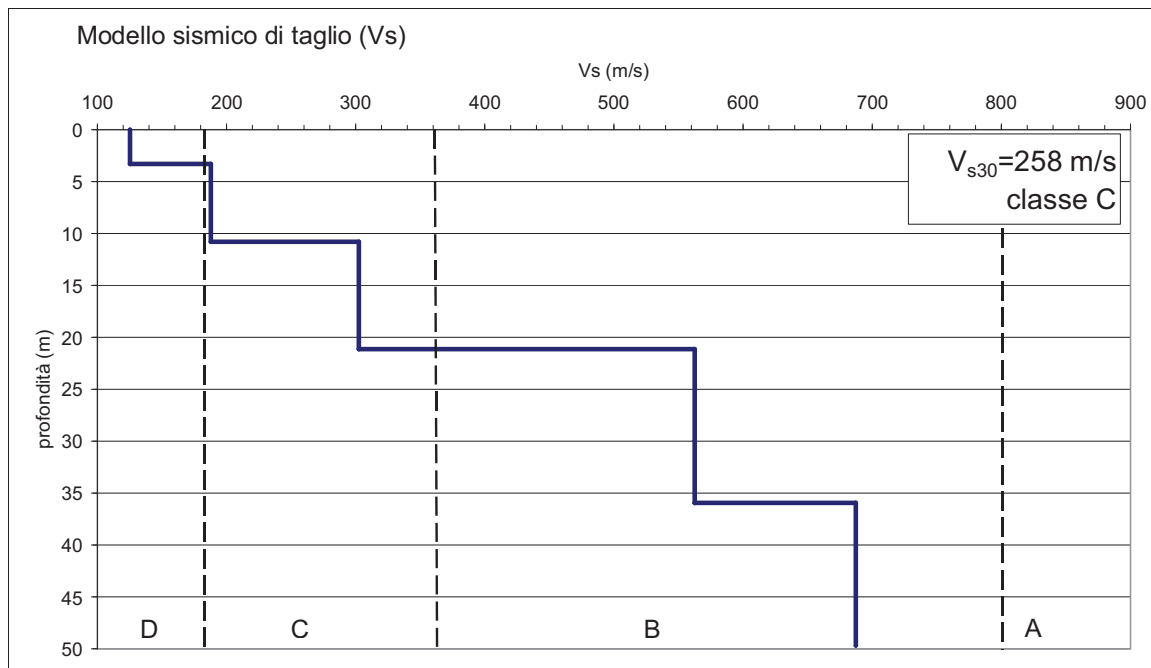
Viene considerato un profilo bibliografico in possesso dello scrivente che è stato fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) ad est dell'area in esame ma su terreni che presentano le medesime caratteristiche lito-stratigrafiche.

L'indagine geofisica effettuata con la tecnica "ReMi", in data 20.01.2006, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (50 m). Di seguito si riporta l'ubicazione dell'indagine.



Il modello sismico VS ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 187,9-687,3 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	125.3	3.3	3.3
2	187.9	10.8	7.5
3	302.5	21.1	10.3
4	562.5	35.9	14.8
5	687.3	49.7 (?)	--



La Vs30 misurata è stata di:

$$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$$

per cui la categoria di suolo di fondazione risulta essere:

Categoria di suolo di fondazione = C

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

10.1 AREA 28 – CPT53-06

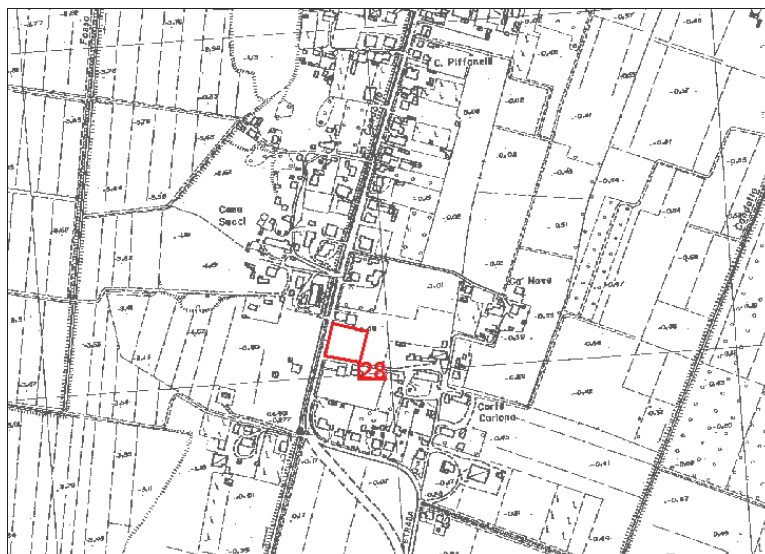


FIGURA 10.1.1 - Area 28, SCALA 1:10.000

L'**AREA 28** è ubicata a nord dell'abitato di Pontemaodino, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti urbani (**FIGURA 10.1.1**).

Il sito di intervento ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli. L'allineamento è quello Italba-Pontelangorino-Pontemaodino, verso est si susseguono una serie di importanti allineamenti di paleodune affioranti riconducibili dall'età del Ferro (il più occidentale), al periodo Romano, e all'alto medioevo (cordone su cui sorge l'Abbazia di Pomposa); a occidente del dosso morfologico Pontemaodino-Pontelangorino-Italba si estende il lembo più orientale della grande Bonificazione Ferrarese (1872). 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, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia** (**FIGURA 10.1.2**). L'area si sviluppa su quote di circa -0,00/-0,10 m sul l.m.m., e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

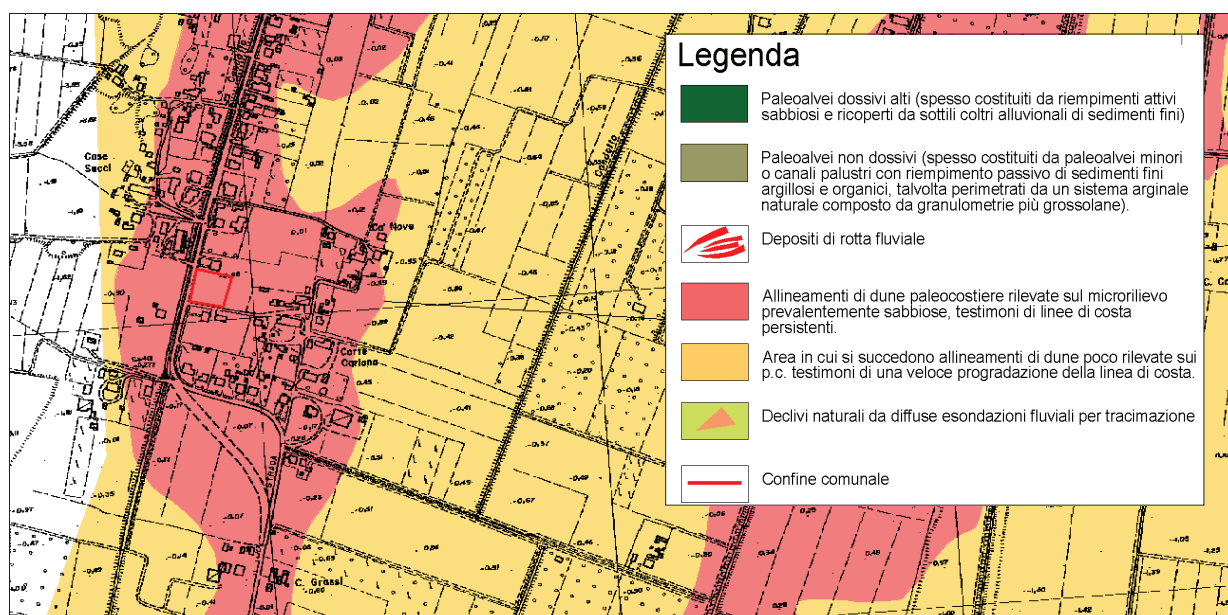


FIGURA 10.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

Per la descrizione lito-stratigrafica dell'area viene presa in considerazione una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 7.1.3** viene riportata l'ubicazione della prova.

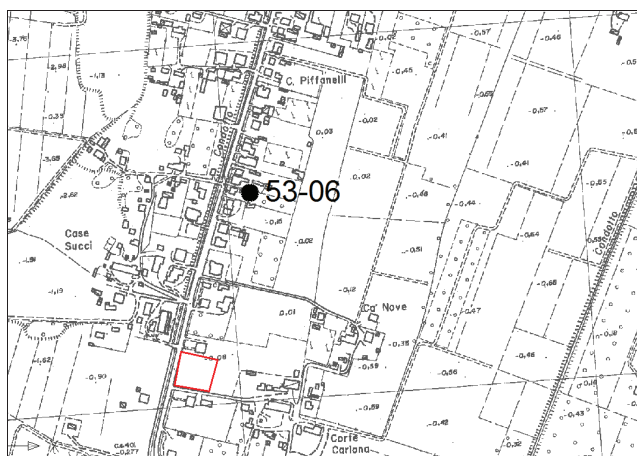


FIGURA 10.1.3 - Ubicazione prova bibliografica scala 1:10.000

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 10.1.5)**, risultano molto buone.

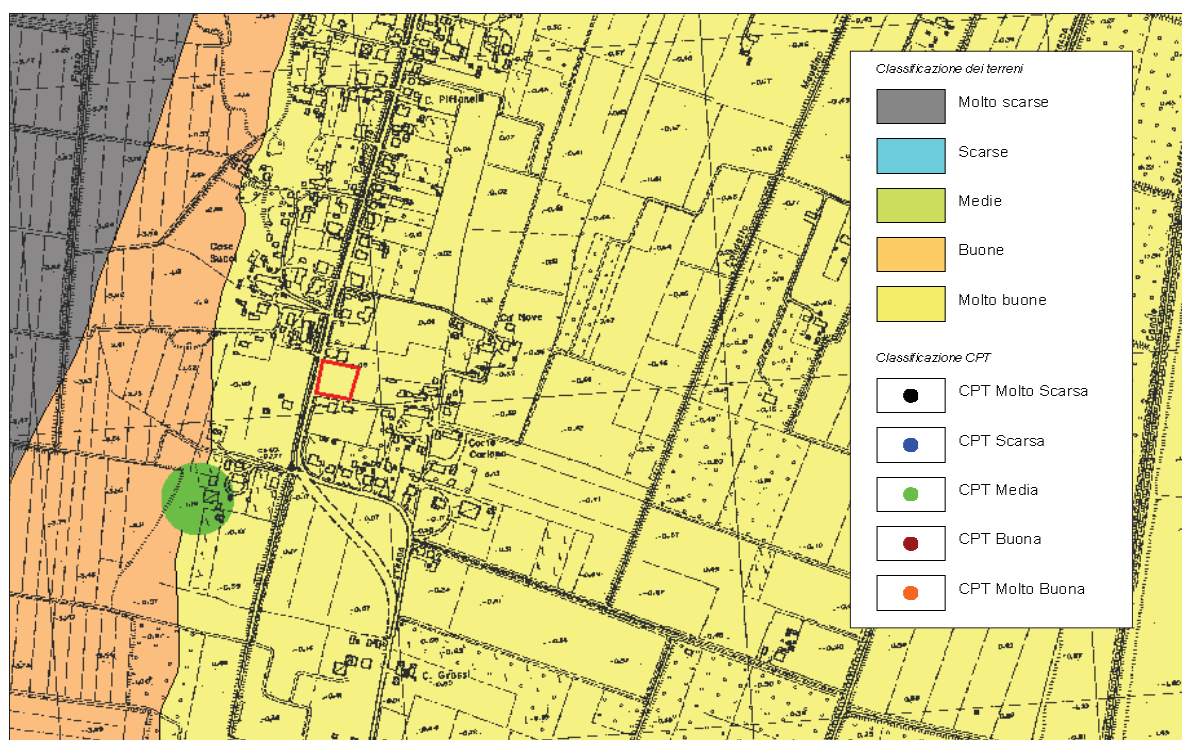


FIGURA 10.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 10.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica bibliografica.

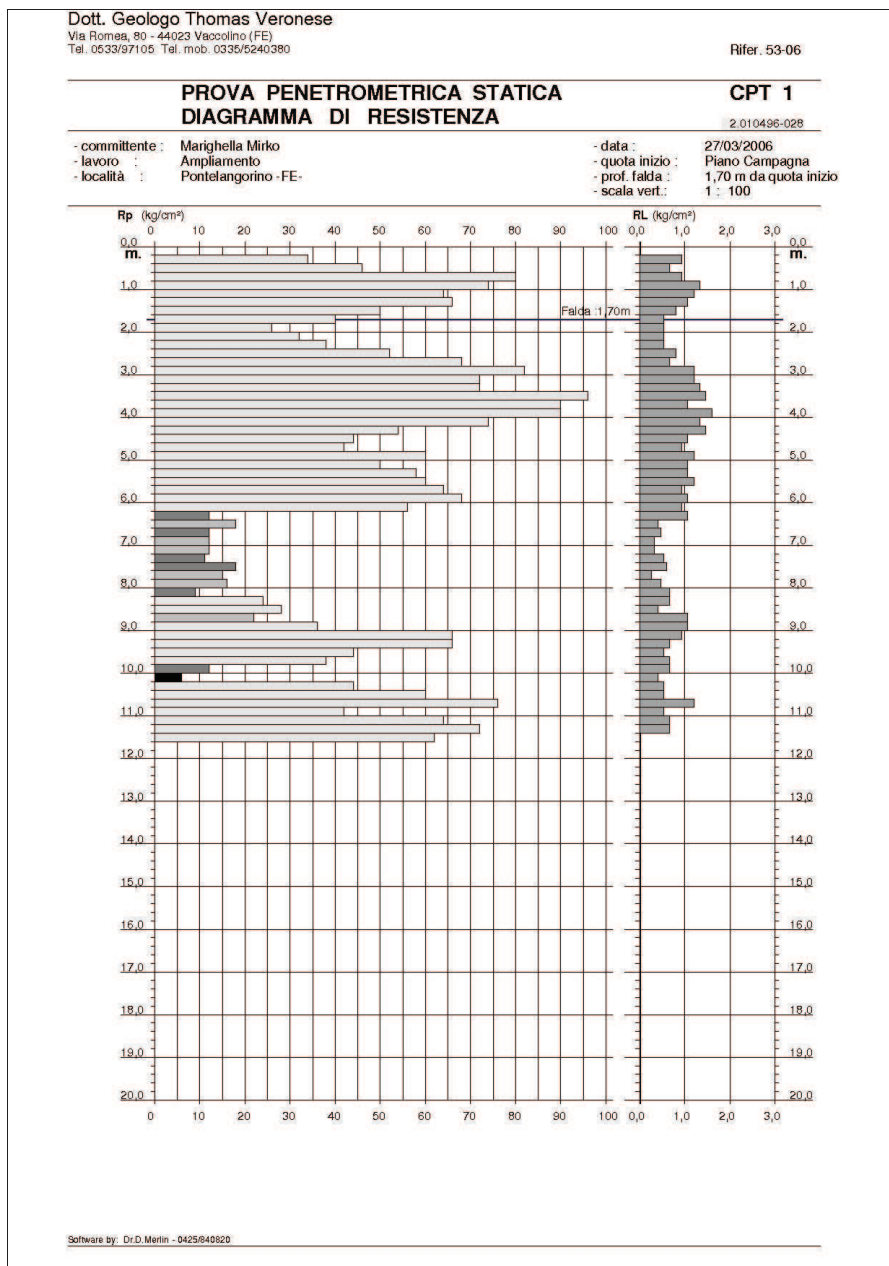


FIGURA 10.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica bibliografica

Nella **Tabella 10.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT53-06/1

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
0.2 – 6.2	60.1	26	1.93	--	210.2	75.4	31°4
6.2 – 8.2	13.5	9	1.90	0.61	67.5	--	--
8.2 – 9.8	40.5	22	1.91	0.11	141.8	38.6	29°9
9.8 – 10.2	9.0	6	1.69	0.44	45.0	--	--
10.2 – 11.6	60.0	42	1.93	--	210.0	50.3	31°7

Tabella 10.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica rileva da p.c. fino a -6,2 m da p.c. si rileva un banco sabbioso con un valore di resistenza alla punta medio di 60 kg/cm^2 , da -6,2 m fino a -8,2 m da p.c. si rileva uno strato di terreni coesivi con un valore di resistenza alla punta medio di 13 kg/cm^2 , da -8,2 fino a -11,6 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rileva un secondo banco sabbioso con un valore di resistenza alla punta medio di 50 kg/cm^2 .

10.1.1 AREA 16 – Riduzione del rischio sismico

- I Livello di approfondimento: la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 10.1.8) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per presenza di terreni sabbiosi immersi in falda.

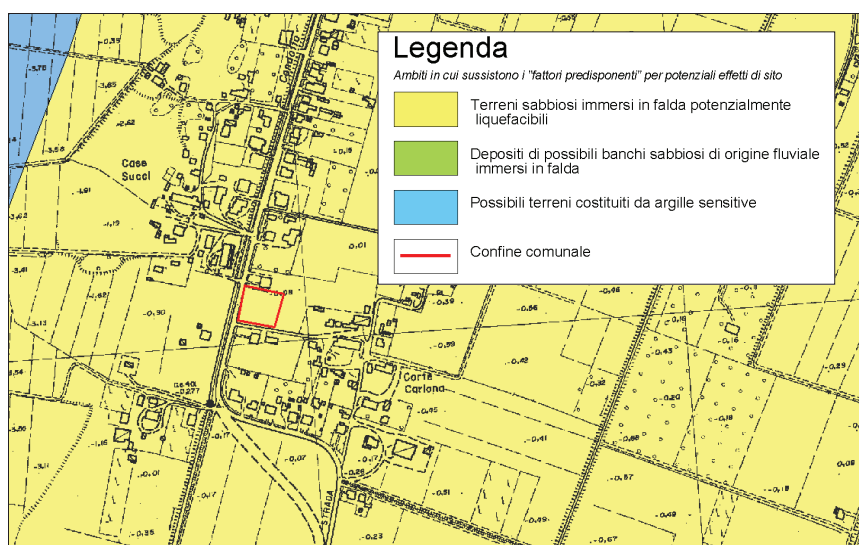


FIGURA 10.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- 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 penetrometrica statica bibliografica rileva la presenza di 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 V_s .

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:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5}$$

resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;

$$V_{S1} = V_s \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25}$$

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;

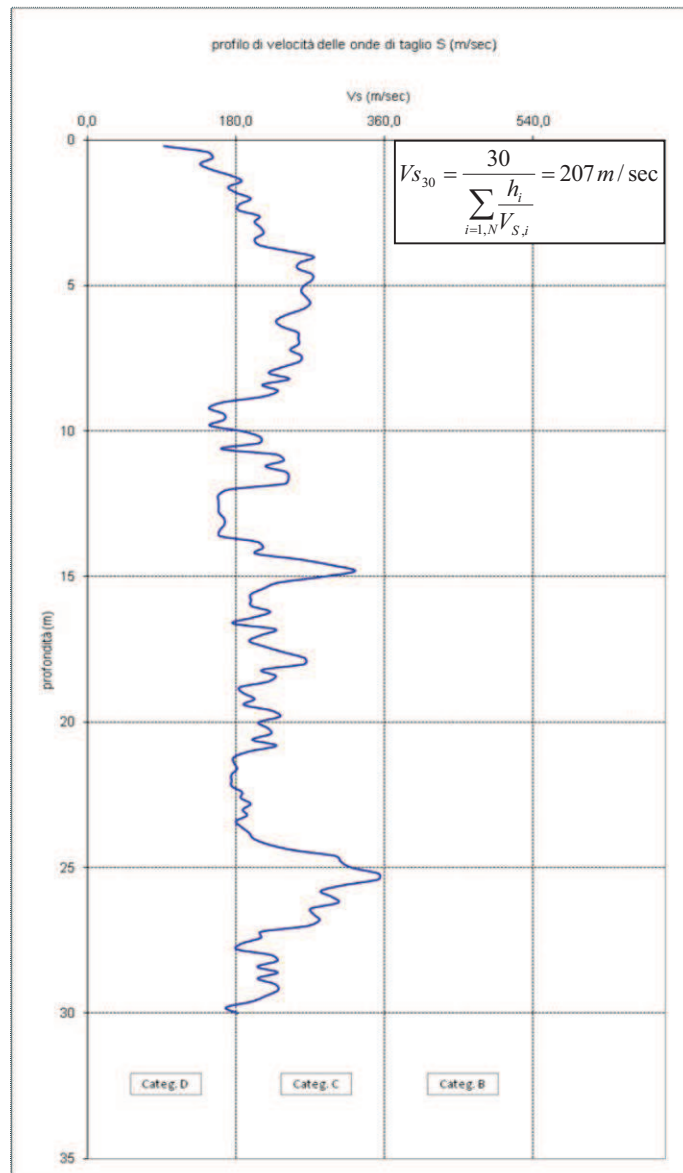
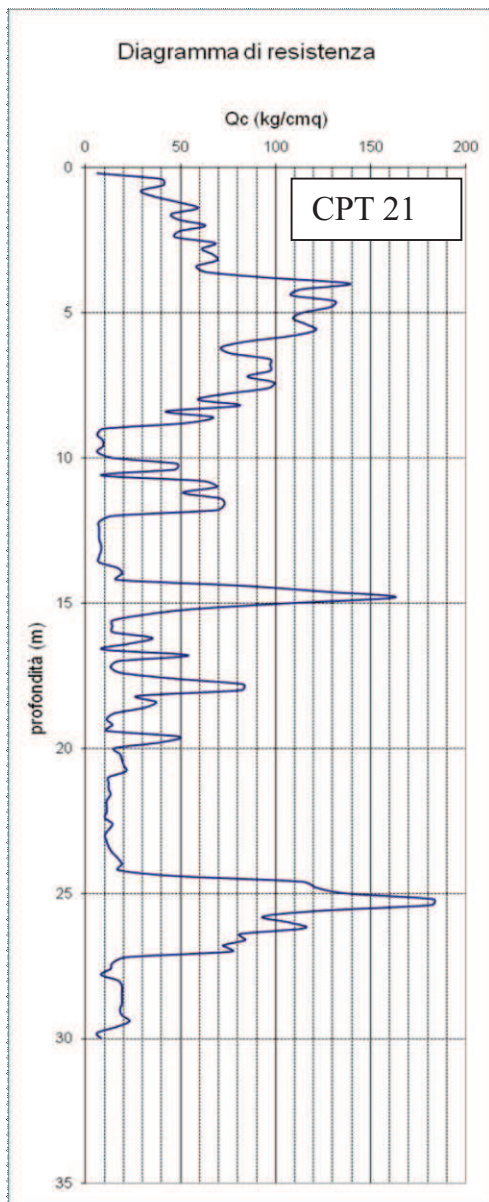
p_a = pressione atmosferica.

Nella tabella 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, e 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

11.1 AREA 6 – CPT35-09

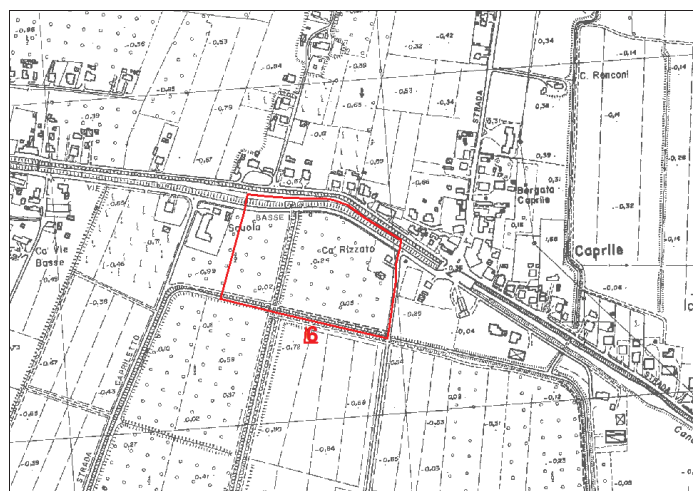


FIGURA 11.1.1 - Area 6, SCALA 1:10.000

L'**AREA 6** è ubicata ad ovest dell'abitato di Caprile, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti urbani (**FIGURA 11.1.1**).

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 11.1.2)**. L'area si sviluppa su quote di circa +0,00/+0,20 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

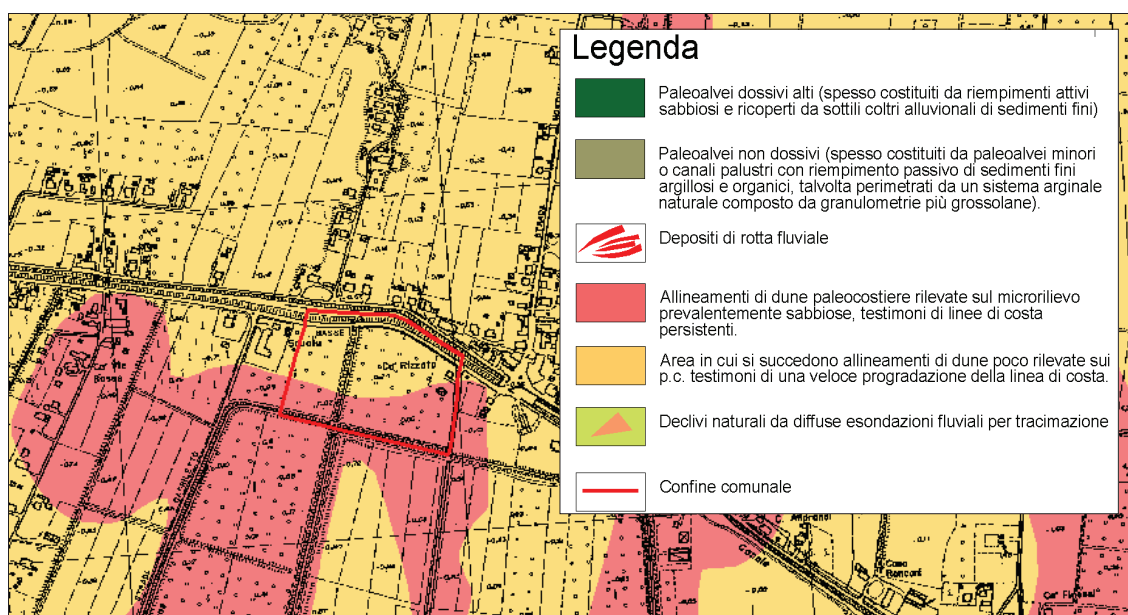
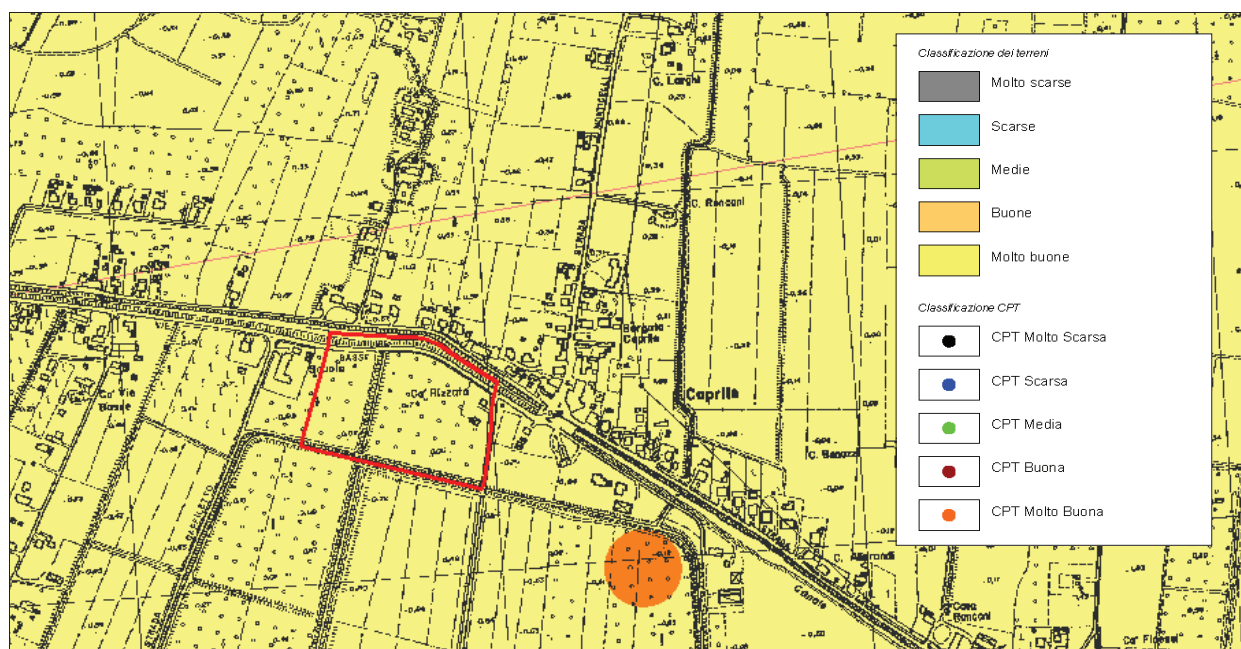


FIGURA 11.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 11.1.5)**, risultano molto buone.



91

In **FIGURA 11.1.7** vengono riportati i diagrammi di resistenza delle due prova penetrometrica statica bibliografiche.

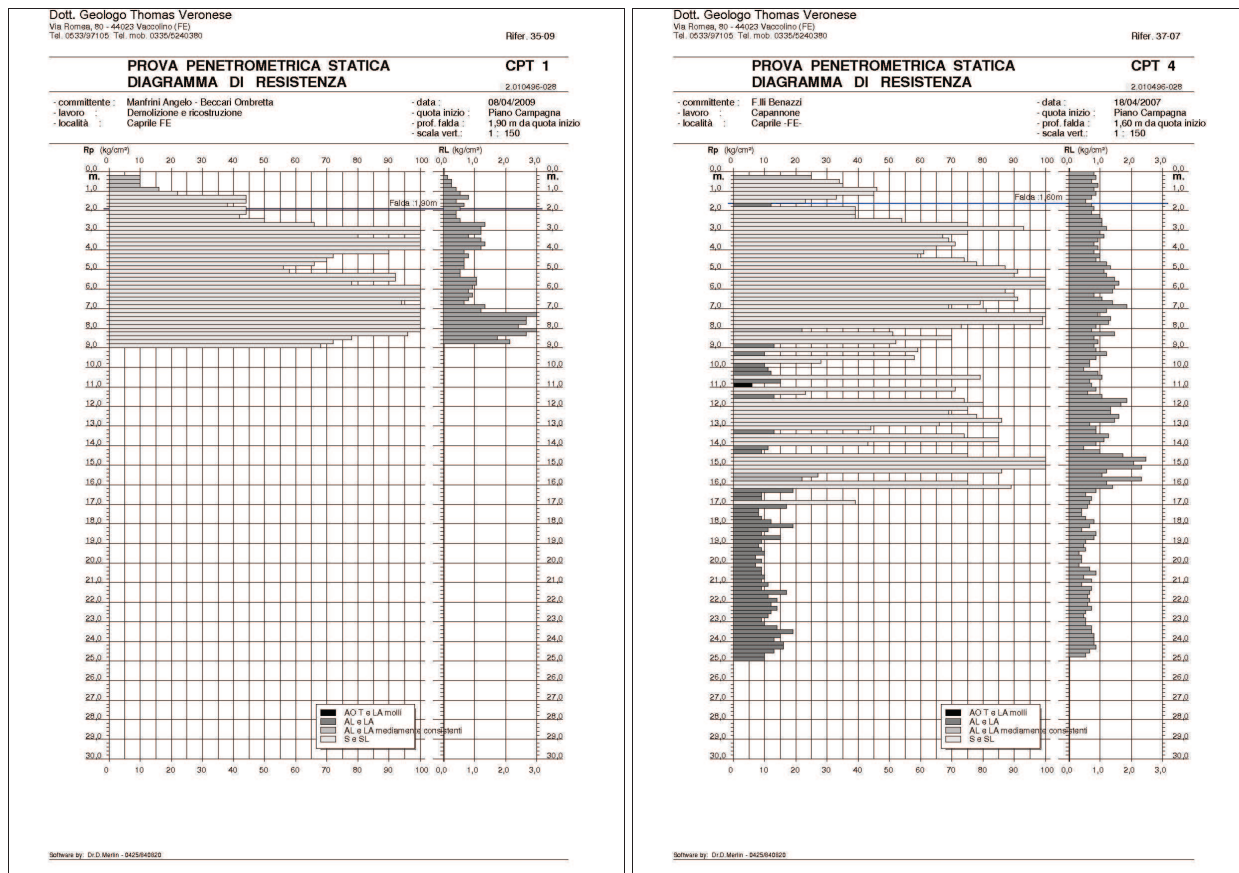


FIGURA 11.1.7 - Diagramma di resistenza delle prove penetrometriche bibliografiche

Nella **Tabella 11.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con le prove penetrometriche statiche:

CPT35-09/1

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 – 1,00	11,5	10	1,85	0,55	59,0	48	26°3
1,00 – 2,60	41,0	22	1,91	--	143,5	68	30°4
2,60 – 5,20	84,0	58	1,97	--	294,0	80	32°8
5,20 - 9,00	100,9	68	2,00	--	353,3	76	33°8

CPT37-07/4

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	--	--

Tabella 11.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica profonda rileva da p.c. fino a circa -2,40 m da p.c. uno strato di terreni prettamente granulari poco addensati con valore di resistenza alla punta di 30 kg/cm^2 , successivamente da -2,40 m fino a circa -8,60m da p.c. uno strato di terreni prettamente granulari moderatamente addensati con valore di resistenza alla punta di 83 kg/cm^2 , successivamente da -8,00 m da p.c. fino a -16,20 m, è presente una alternanza di straterelli di terreni coesivi e lenti granulari, infine da -16,0 m da p.c. fino a -25,0 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rileva uno strato di terreni prevalentemente coesivi con un valore di resistenza alla punta medio di 12 kg/cm^2 .

11.1.1 AREA 6 – Riduzione del rischio sismico

- I Livello di approfondimento: la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 11.1.8) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per liquefazione dovuta a sabbie sature.

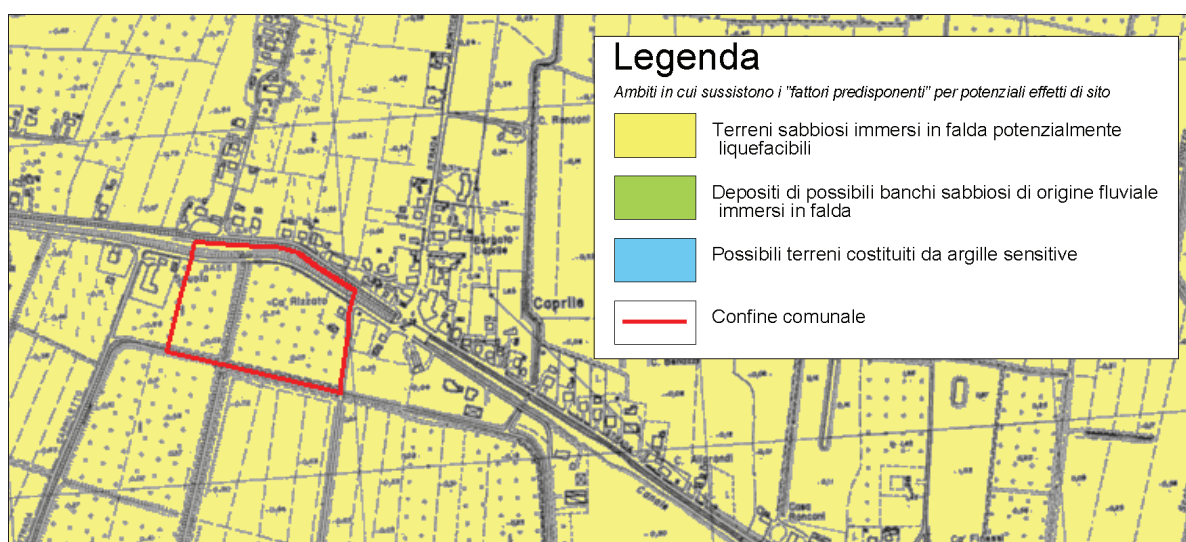


FIGURA 11.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- 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.

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

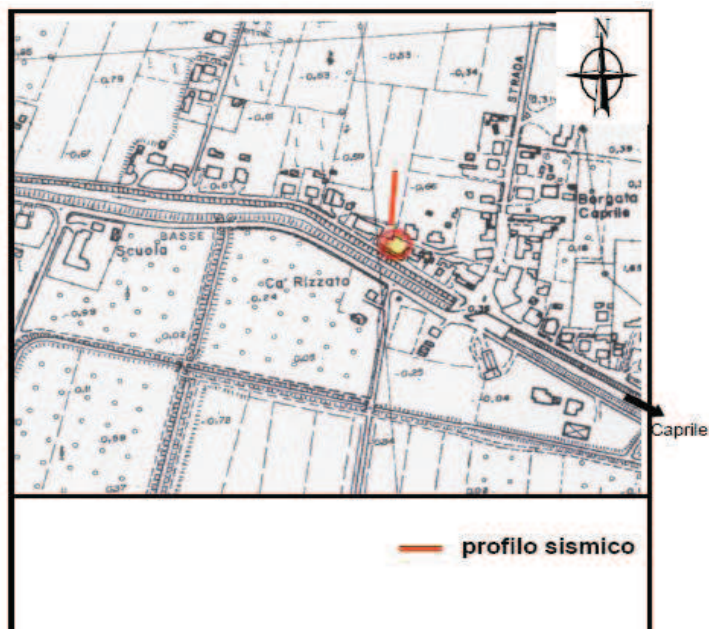
A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

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.

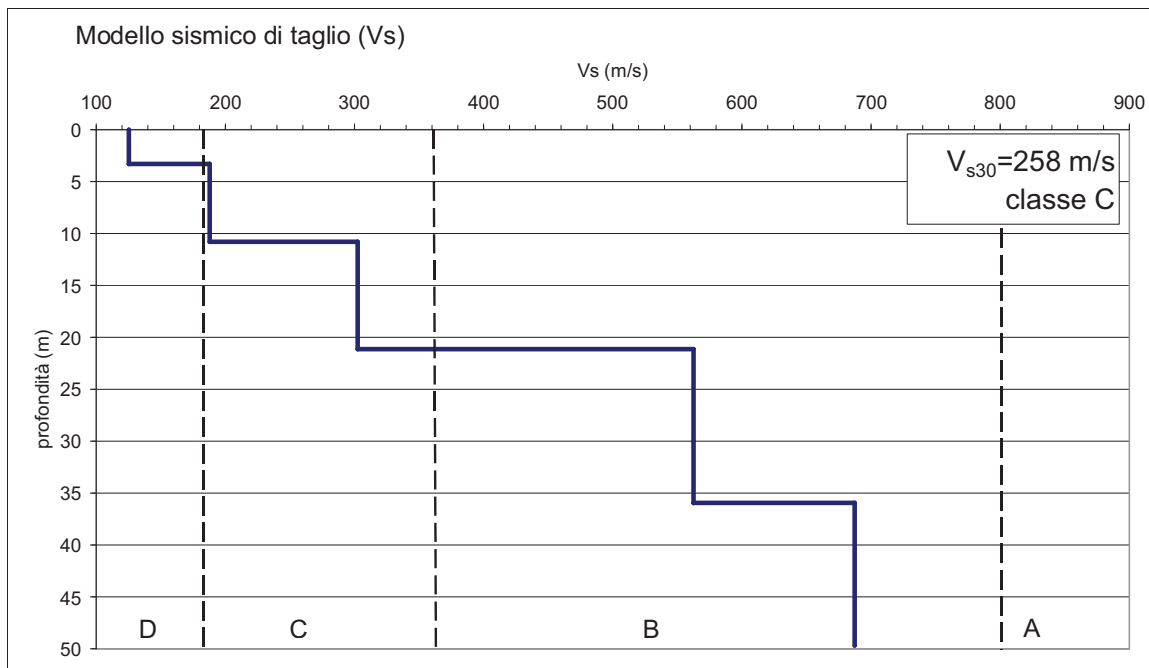
Viene considerato un profilo bibliografico in possesso dello scrivente che è stato fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) a nord est dell'area in esame ma su terreni che presentano le medesime caratteristiche lito-stratigrafiche.

L'indagine geofisica effettuata con la tecnica "ReMi", in data 20.01.2006, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (50 m). Di seguito si riporta l'ubicazione dell'indagine.



Il modello sismico VS ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 187,9-687,3 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	125.3	3.3	3.3
2	187.9	10.8	7.5
3	302.5	21.1	10.3
4	562.5	35.9	14.8
5	687.3	49.7 (?)	-



La Vs30 misurata è stata di:

$$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$$

per cui la categoria di suolo di fondazione risulta essere:

Categoria di suolo di fondazione = C

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

12.1 AREA 8 – CPT10

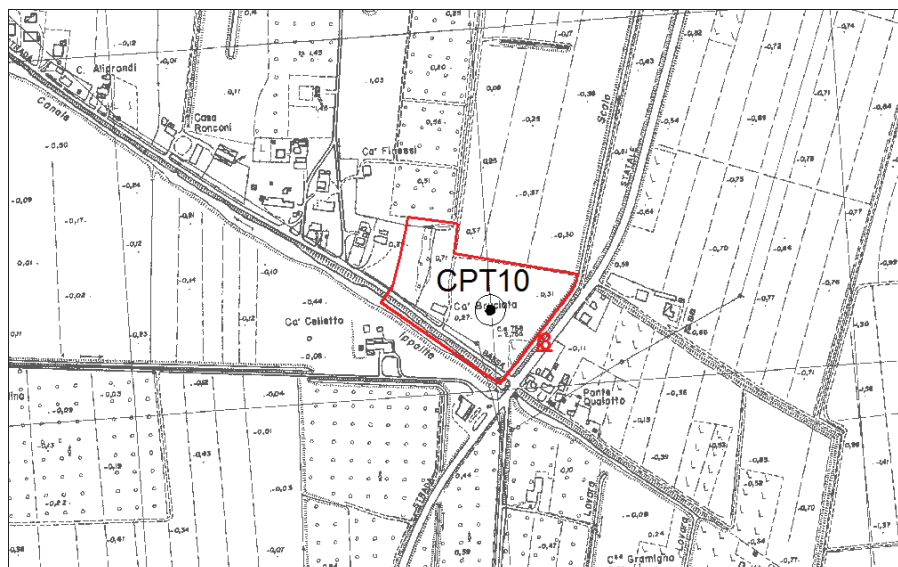


FIGURA 12.1.1 - Area 8, SCALA 1:10.000

L'AREA 10 è ubicata ad est dell'abitato di Caprile, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti urbani (FIGURA 12.1.1).

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 12.1.2)**. L'area si sviluppa su quote di circa -0,20/-0,30 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

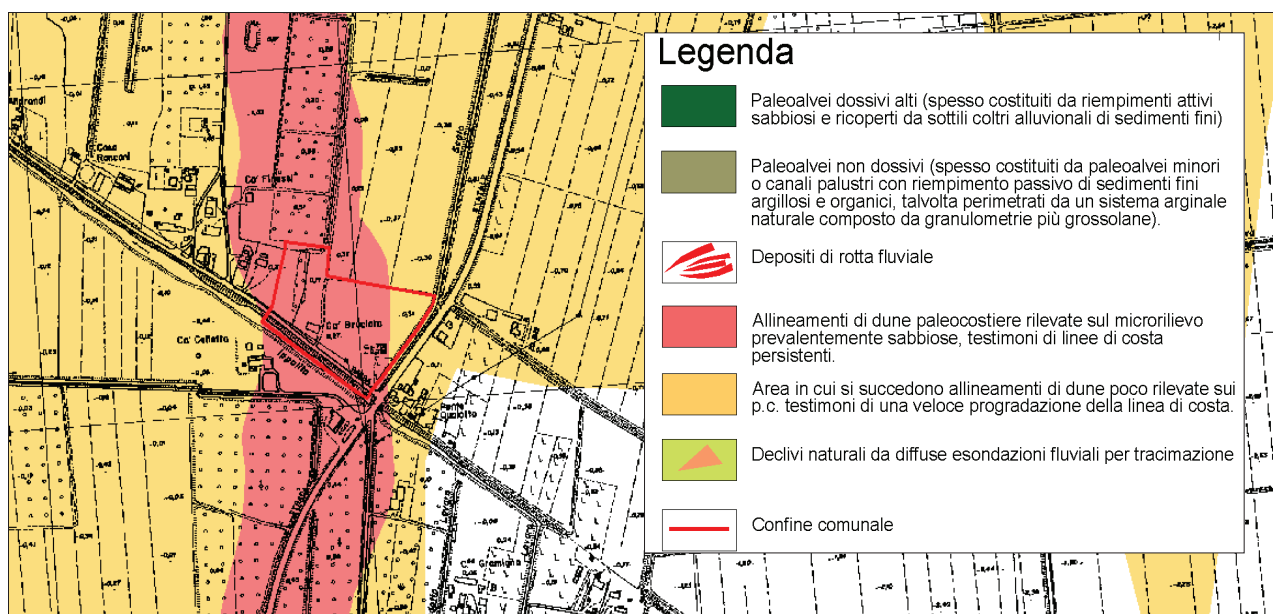


FIGURA 12.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 12.1.3** e **FIGURA 12.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

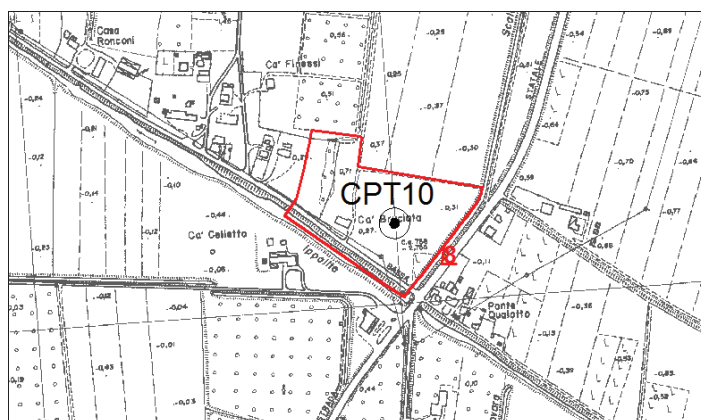


FIGURA 12.1.3 - Ubicazione CPT10 scala 1:10.000



FIGURA 12.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT10

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 12.1.5)**, risultano molto buone.

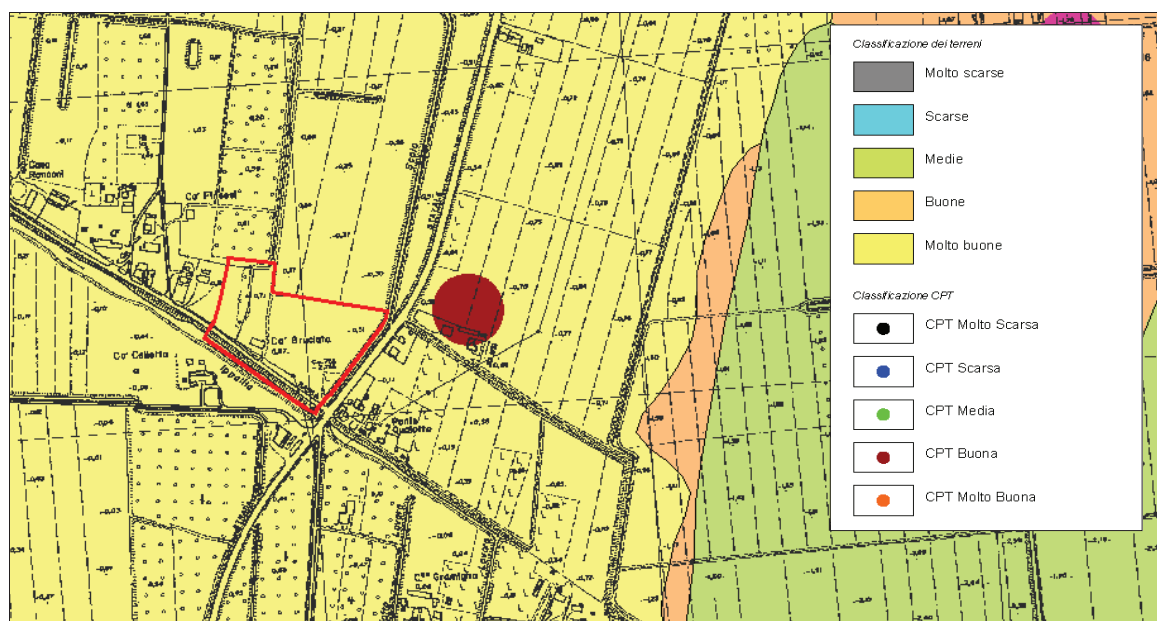


FIGURA 12.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 12.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT10, effettuata all'interno dell'area in esame.

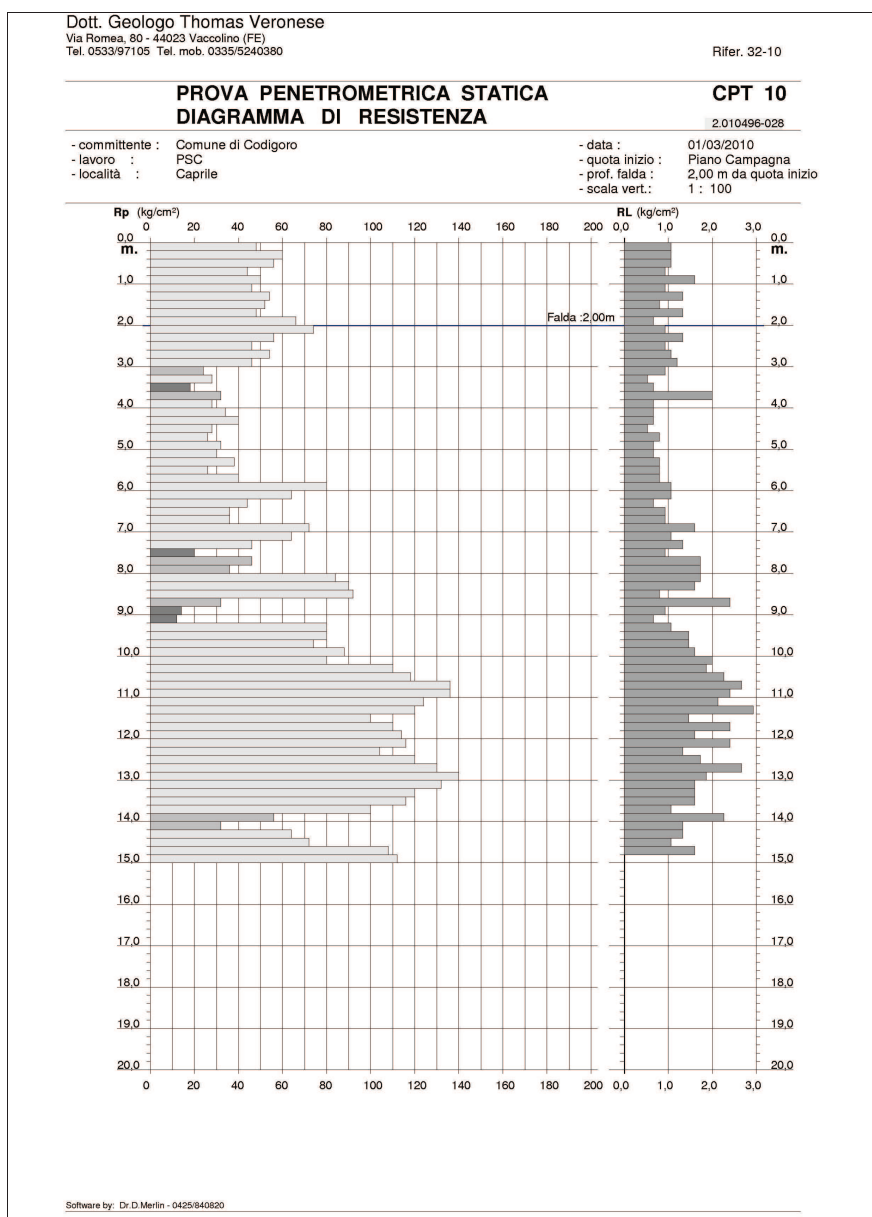


FIGURA 12.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT10

Nella **Tabella 12.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT10

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 – 3,00	53,70	46	1,93	--	188,10	82	31°2
3,00 – 5,80	30,30	18	1,90	0,19	101,50	41	26°7
5,80 – 8,60	57,90	20	1,95	0,25	202,50	55	31°3
8,60 – 9,20	19,30	12	1,94	0,76	69,30	--	--
9,20 – 15,00	103,20	32	2,01	0,10	361,10	65	33°8

Tabella 12.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -3,00 m da p.c. uno strato di terreni granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 54 kg/cm², poi da -3,00 m fino a -5,80 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 30 kg/cm², poi da -5,80 m fino a -8,60 m da p.c. si rileva uno strato di terreni granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta di 58 kg/cm², poi da -8,60 m fino a -9,20 m da p.c. si rileva uno strato di terreni coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta di 19 kg/cm², infine da -9,20 m fino a -15,0 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rilevano nuovamente terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 103 kg/cm².

12.1.1 AREA 10 – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la **Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 12.1.8)** mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per liquefazione dovuta a sabbie sature.

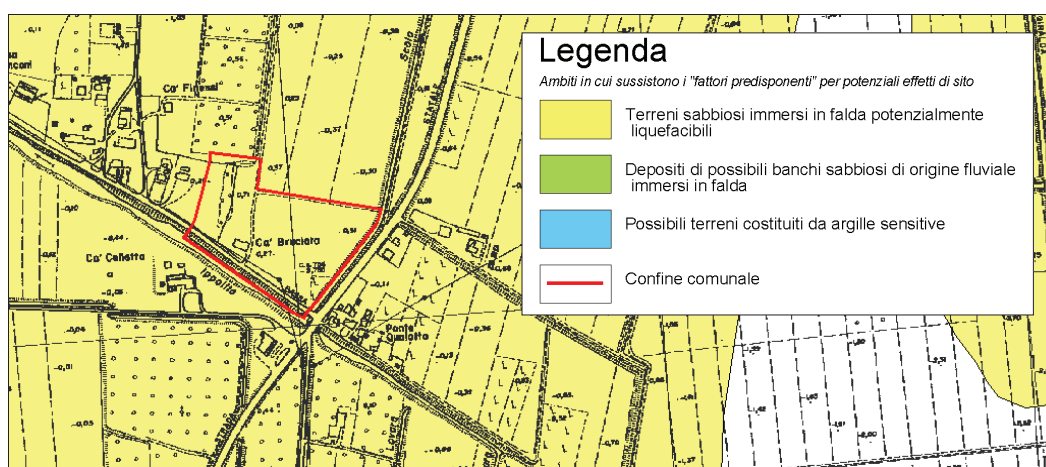


FIGURA 12.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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 penetrometrica statica CPT10 conferma la presenza di sabbie immerse in falda.

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

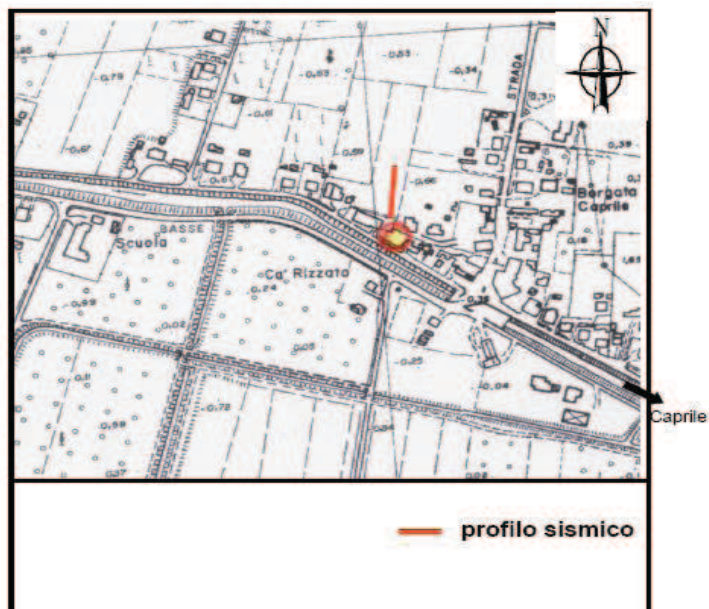
A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

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.

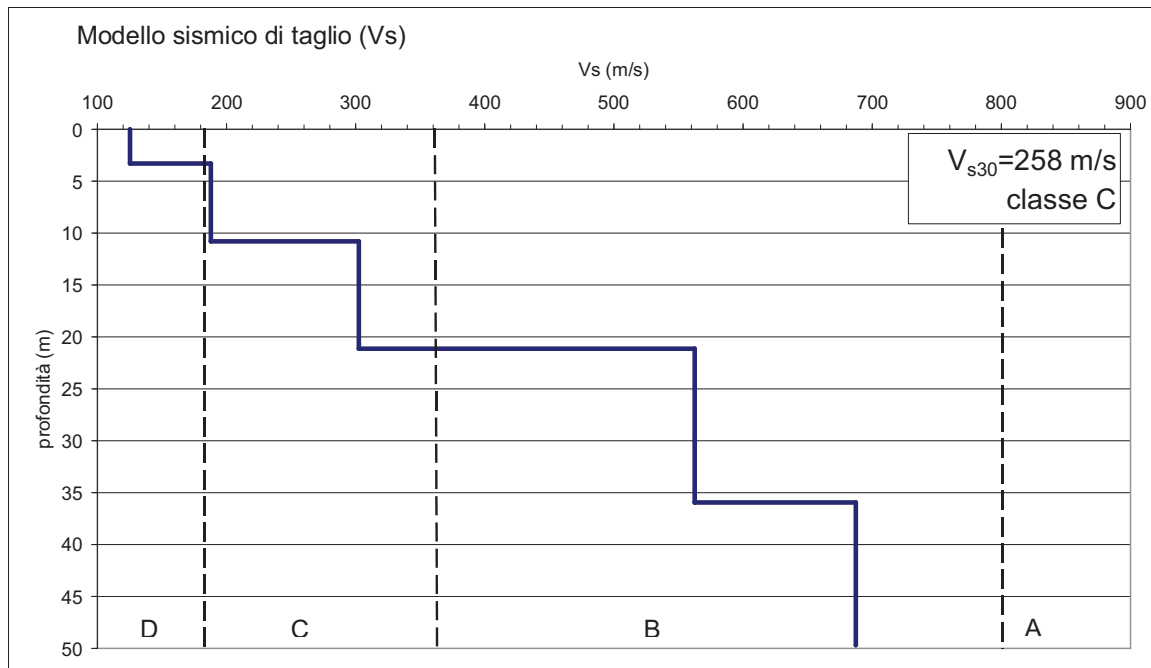
Viene considerato un profilo bibliografico in possesso dello scrivente che è stato fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) ad ovest dell'area in esame ma su terreni che presentano le medesime caratteristiche lito-stratigrafiche.

L'indagine geofisica effettuata con la tecnica "ReMi", in data 20.01.2006, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (50 m). Di seguito si riporta l'ubicazione dell'indagine.



Il modello sismico VS ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 187,9-687,3 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	125.3	3.3	3.3
2	187.9	10.8	7.5
3	302.5	21.1	10.3
4	562.5	35.9	14.8
5	687.3	49.7 (?)	--



La V_{s30} misurata è stata di:

$$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$$

per cui la categoria di suolo di fondazione risulta essere:

Categoria di suolo di fondazione = C

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

13.1 AREE 10, 11 e 12 - CPT6

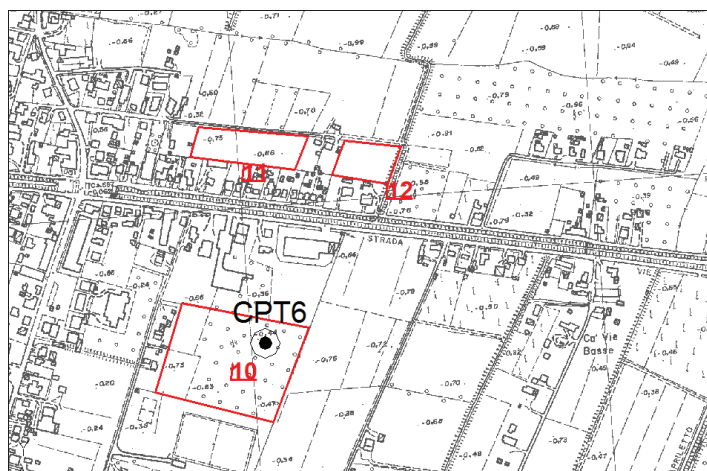


FIGURA 13.1.1 - Aree 10-11-12, SCALA 1:10.000

Le **AREE 10-11-12** sono ubicate ad est dell'abitato di Pontelagorino, e sono indicate come ambiti per potenziali nuovi insediamenti urbani (**FIGURA 13.1.1**).

Il sito di intervento ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli. L'allineamento è quello Italba-Pontelagorino-Pontemaodino, verso est si susseguono una serie di importanti allineamenti di paleodune affioranti riconducibili dall'età del Ferro (il più occidentale), al periodo Romano, e all'alto medioevo (cordone su cui sorge l'Abbazia di Pomposa); a occidente del dosso morfologico Pontemaodino-Pontelagorino-Italba si estende il lembo più orientale della grande Bonificazione Ferrarese (1872). 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, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia** (**FIGURA 13.1.2**). Le aree si sviluppano su quote di circa -0,40/-0,60 m sul l.m.m., e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

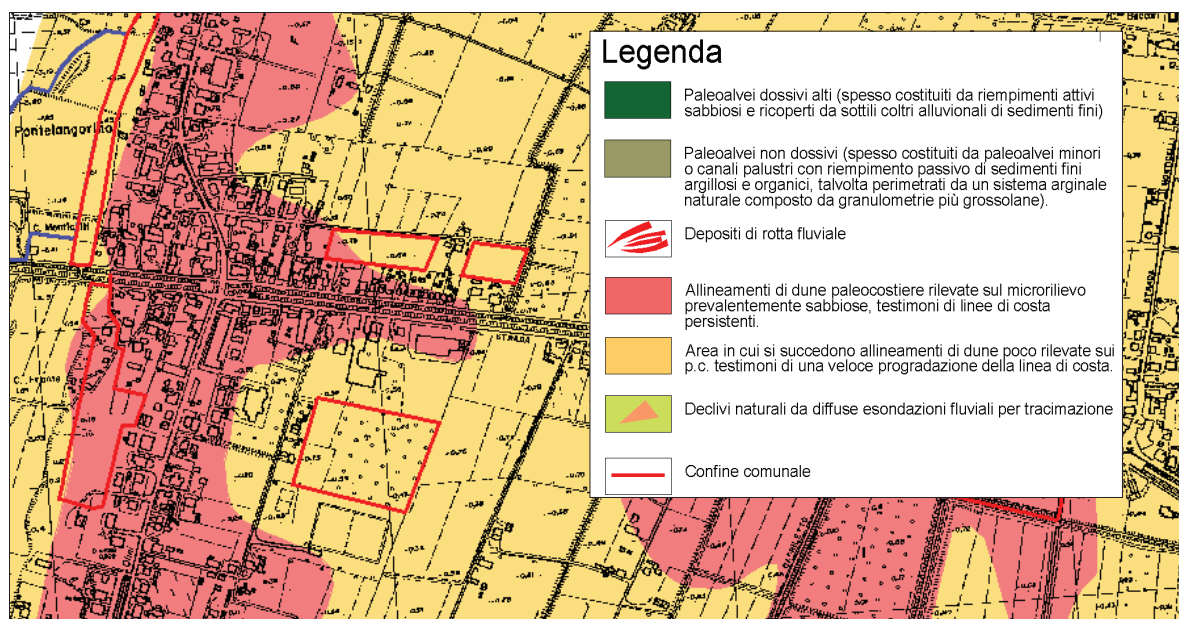


FIGURA 13.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area 10 è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c., che può essere ritenuta rappresentativa di tutte e tre le aree; in **FIGURA 13.1.3** e **FIGURA 13.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

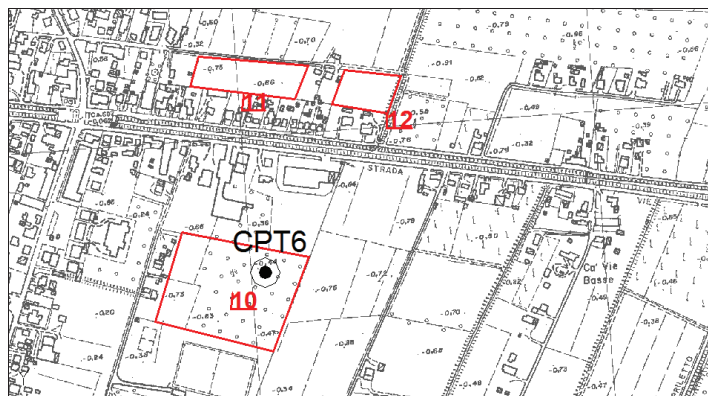


FIGURA 13.1.3 - Ubicazione CPT6 scala 1:10.000



FIGURA 13.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT6

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 13.1.5)**, risultano molto buone.

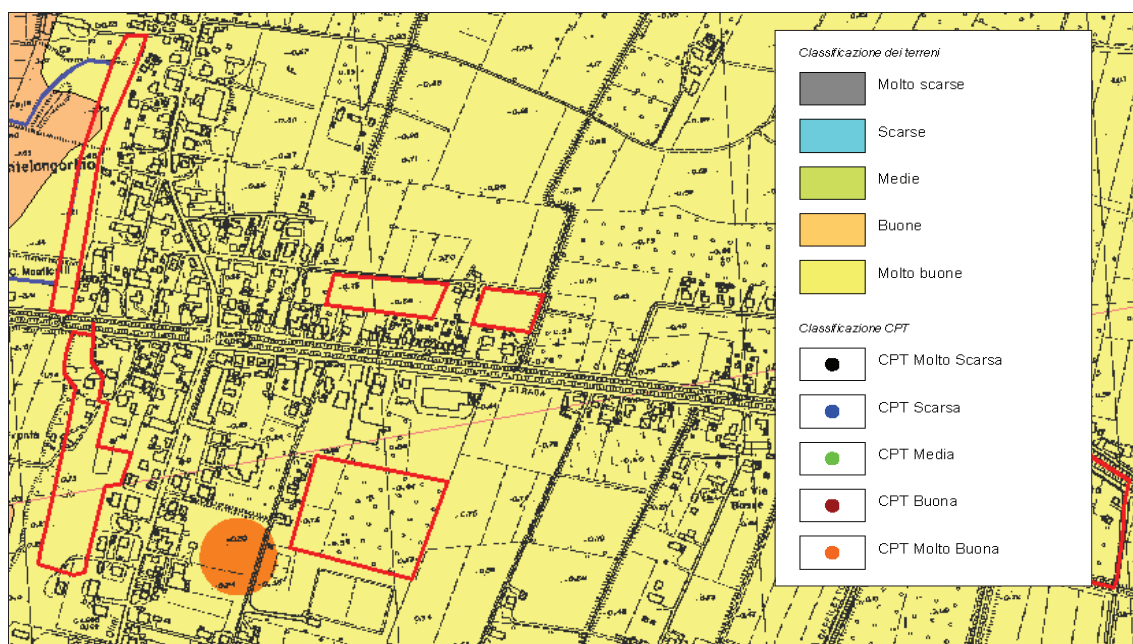


FIGURA 13.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 13.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT6, effettuata all'interno dell'area 10.

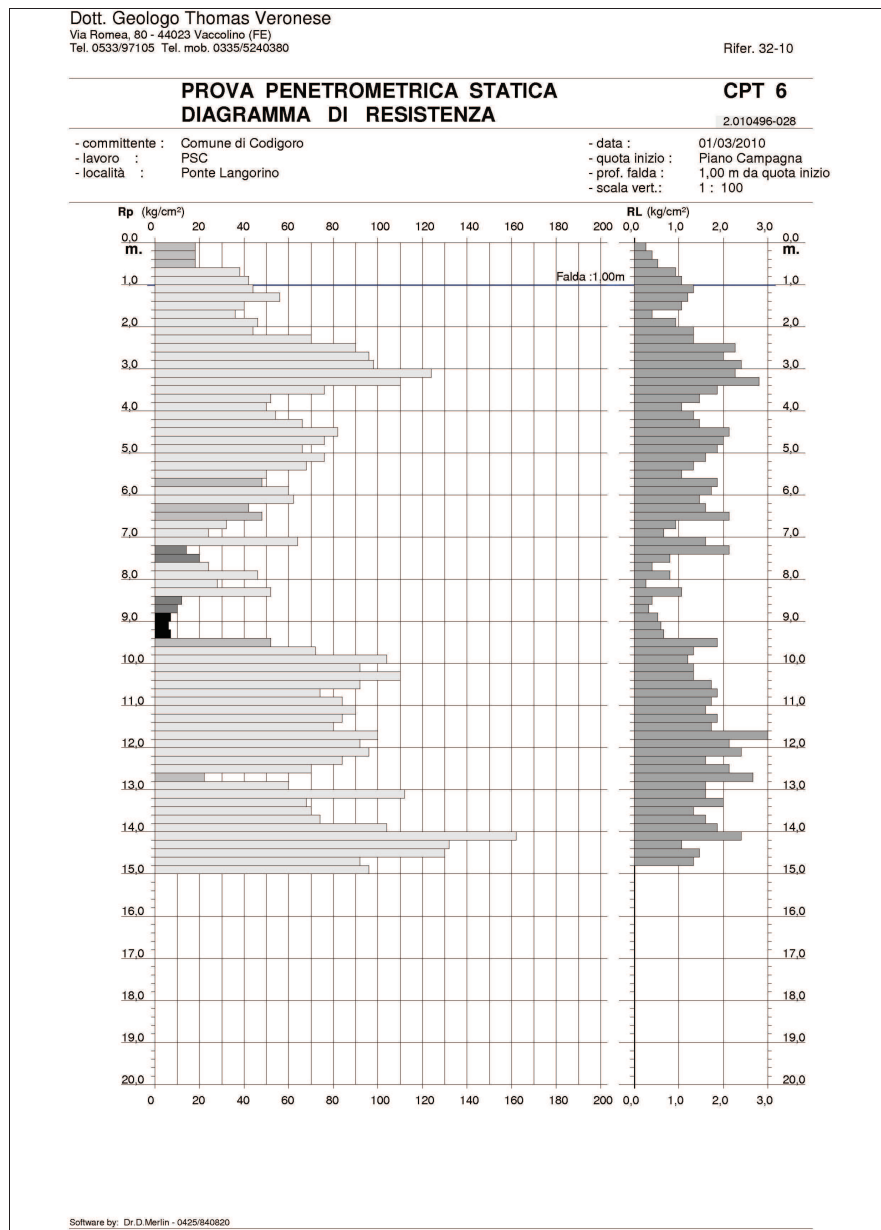


FIGURA 13.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT6

Nella **Tabella 13.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT6

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 – 0,60	18,00	18	1,85	0,77	63,00	72	27°0
0,60 – 2,20	43,30	36	1,91	--	151,40	81	30°5
2,20 – 5,40	78,40	50	1,96	--	274,30	83	32°7
5,40 – 9,60	33,70	14	1,86	0,47	112,30	35	24°0
9,60 – 15,00	90,60	22	1,99	--	317,10	62	33°1

Tabella 13.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -0,60 m da p.c. uno strato di terreni granulari sciolti con un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 18 kg/cm², poi da -0,60 m fino a -2,20 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 43 kg/cm², poi da -2,20 m fino a -5,40 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 78 kg/cm², poi da -5,40 m fino a -9,60 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 33 kg/cm², infine da -9,60 m fino a -15,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rilevano nuovamente terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 90 kg/cm².

13.1.1 AREE 10-11-12 – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 13.1.8) mostra che queste aree sono caratterizzate dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per presenza di terreni sabbiosi immersi in falda.

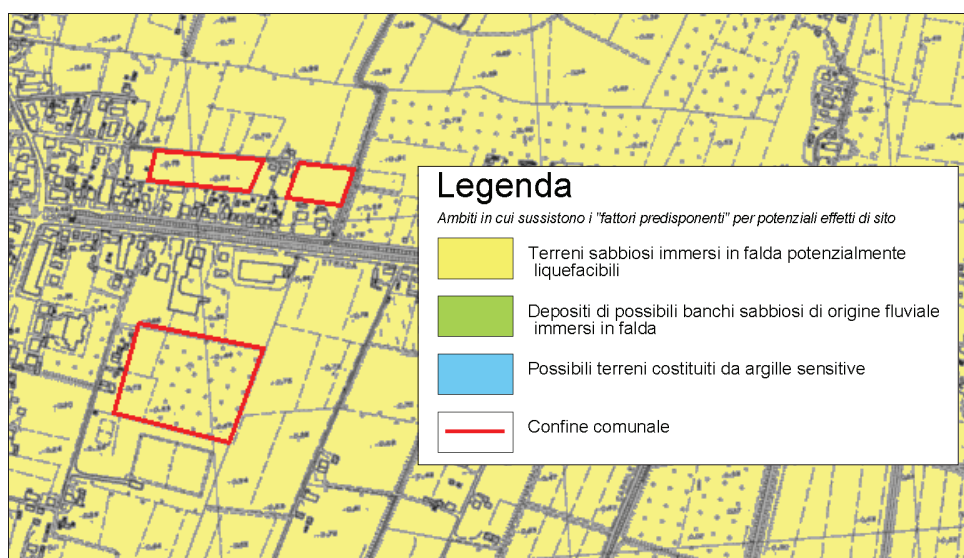


FIGURA 13.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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 penetrometrica statica CPT6 rileva la presenza di sabbie immerse in falda.

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

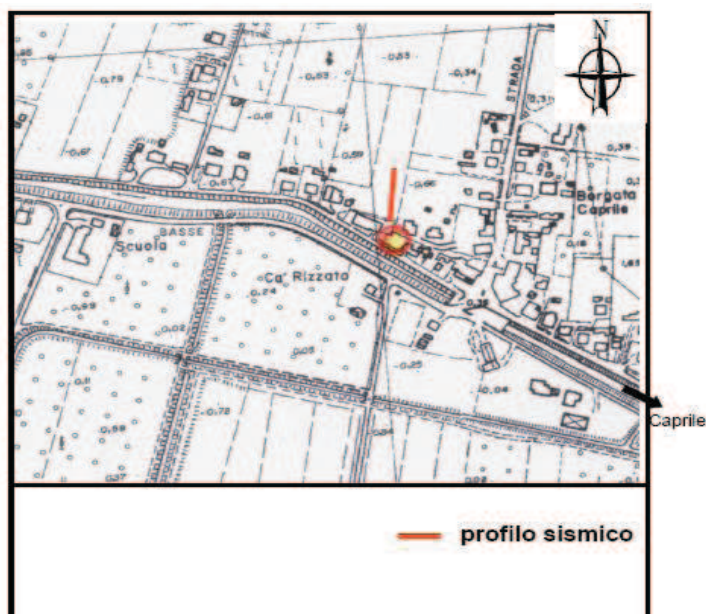
A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

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.

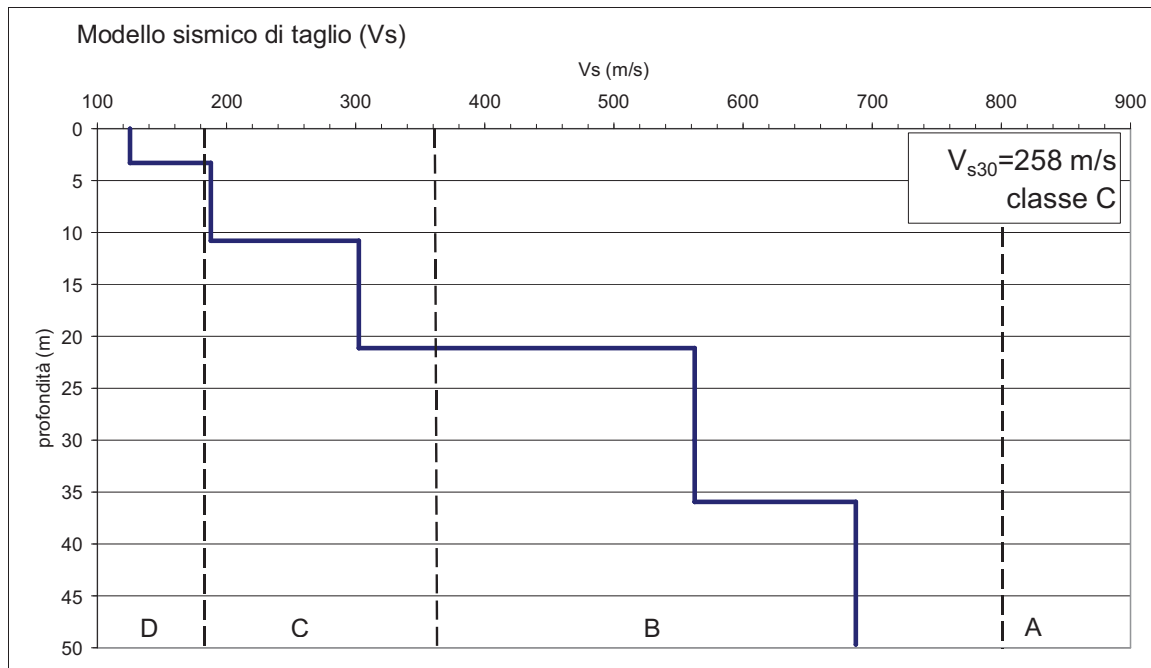
Viene considerato un profilo bibliografico in possesso dello scrivente che è stato fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) ad est dell'area in esame ma su terreni che presentano le medesime caratteristiche lito-stratigrafiche.

L'indagine geofisica effettuata con la tecnica "ReMi", in data 20.01.2006, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (50 m). Di seguito si riporta l'ubicazione dell'indagine.



Il modello sismico VS ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 187,9-687,3 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	125.3	3.3	3.3
2	187.9	10.8	7.5
3	302.5	21.1	10.3
4	562.5	35.9	14.8
5	687.3	49.7 (?)	--



La V_{s30} misurata è stata di:

$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$

per cui la categoria di suolo di fondazione risulta essere:

Categoria di suolo di fondazione = C

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

14.1 AREA 17 – CPT1

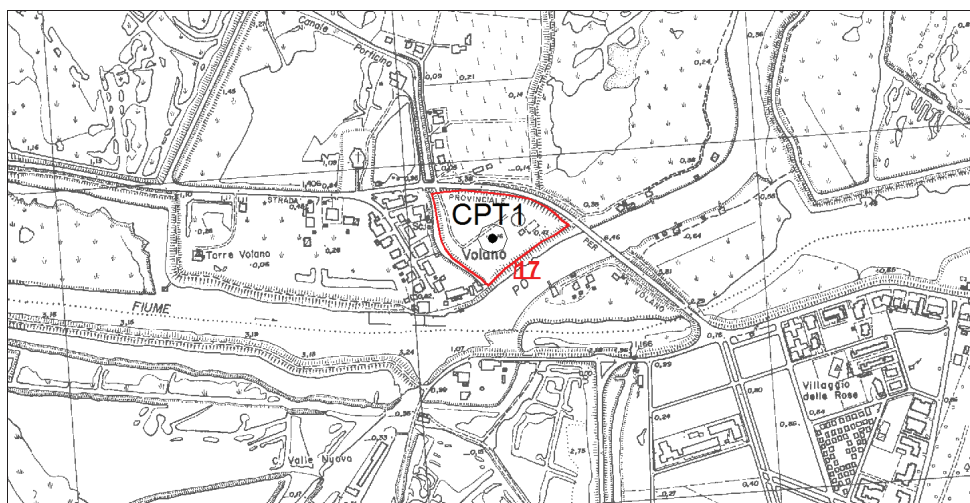


FIGURA 14.1.1 - Area 17, SCALA 1:10.000

L'AREA 17 è ubicata ad ovest dell'abitato di Volano, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti urbani (FIGURA 14.1.1).

La formazione dei terreni su cui sorge Volano è legata agli intensi apporti di sedimenti terrigeni da parte delle ramificazioni del delta del Po, di cui il vicino Po di Volano (oggi completamente canalizzato), rappresenta il ramo più meridionale. L'azione delle correnti marine e del moto ondoso ha contribuito alla redistribuzione dei sedimenti che il fiume trasportava verso il mare; l'azione del vento ha portato all'accumulo di depositi sabbiosi particolarmente rilevati come le dune si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia** (FIGURA 1.1.2). L'area si sviluppa su quote di circa +0,20/+0,40 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

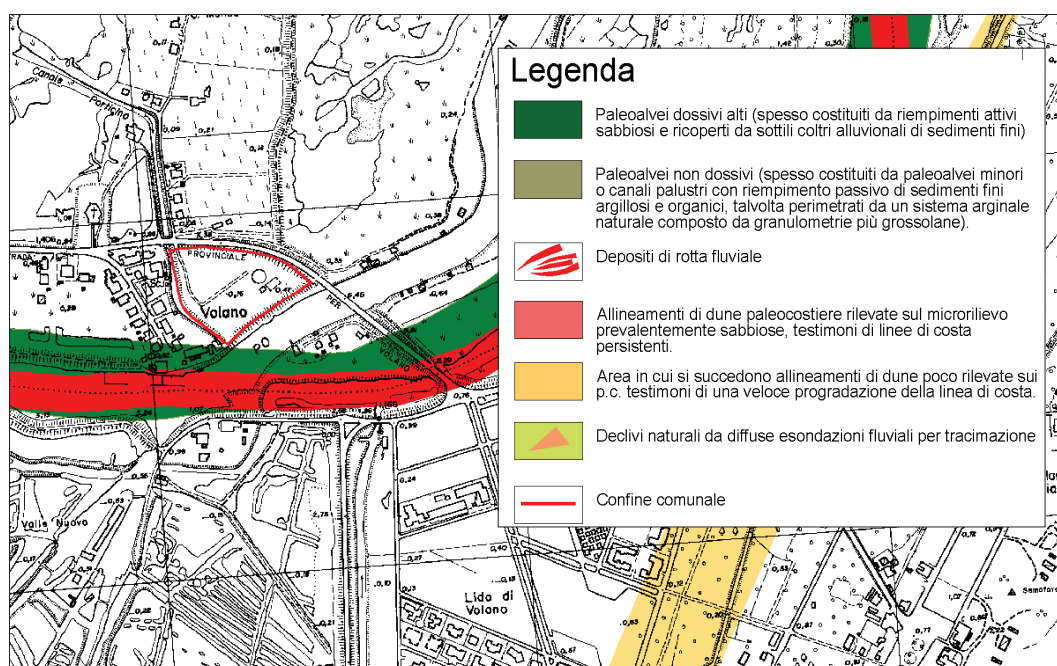


FIGURA 14.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 14.1.3** e **FIGURA 14.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

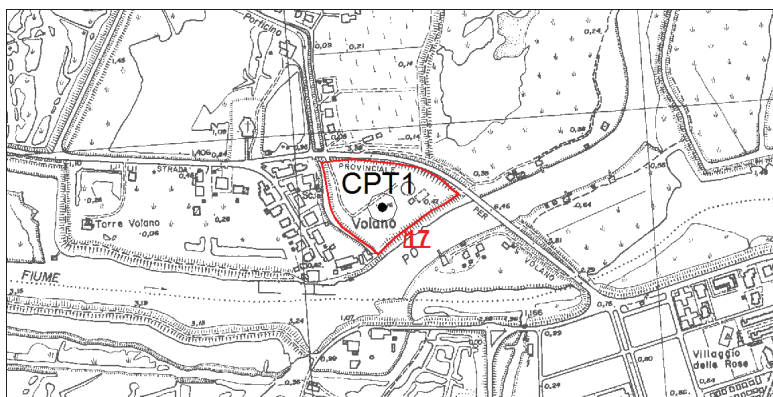


FIGURA 14.1.3 - Ubicazione CPT1 scala 1:10.000



FIGURA 14.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT1

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 14.1.5)**, passano da buone a medie spostandosi da est ad ovest.

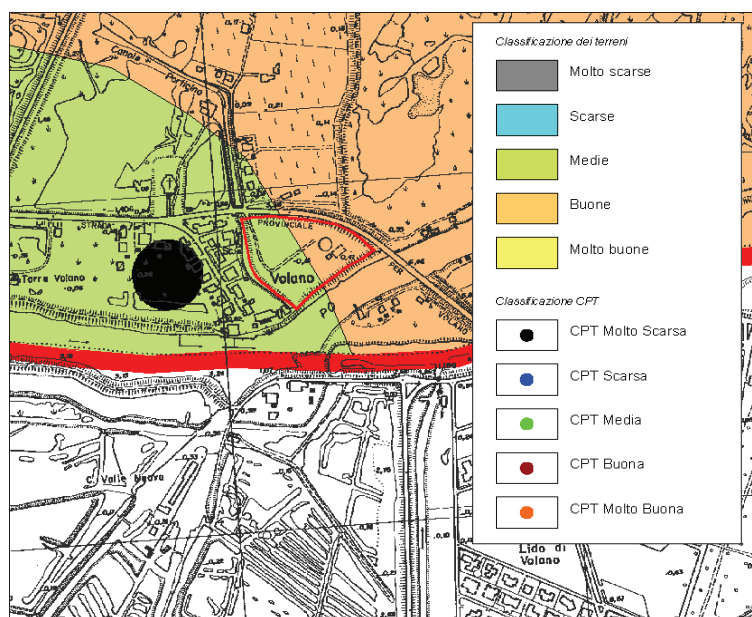


FIGURA 14.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 14.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT1, effettuata all'interno dell'area in esame.

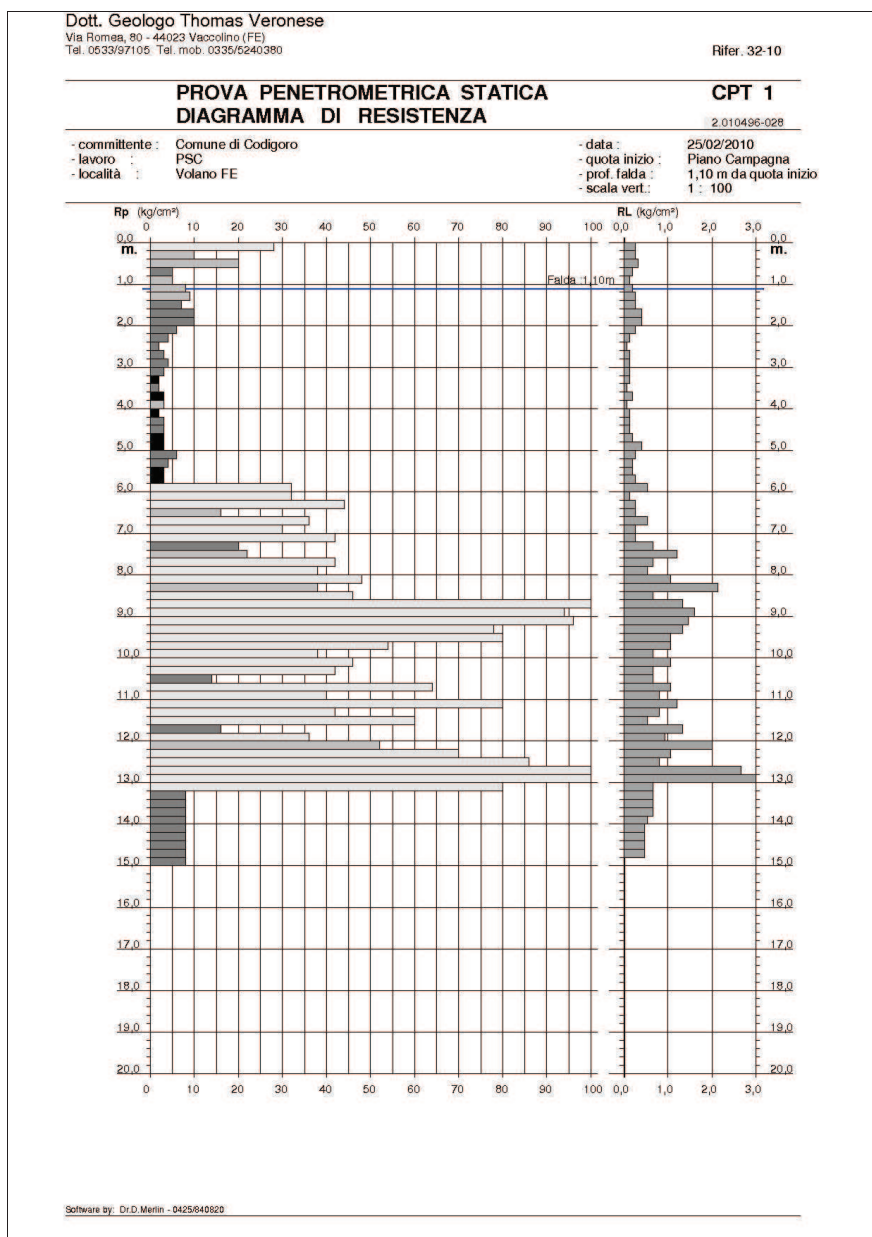


FIGURA 14.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT1

Nella **Tabella 14.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT1

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 – 0,60	15,00	10	1,85	0,65	55,00	63	26°5
0,60 – 2,20	7,50	5	1,86	0,38	33,00	--	--
2,20 – 5,80	3,10	21	1,65	0,16	13,40	--	--
5,80 – 13,20	55,70	16	1,94	0,31	192,20	50	29°5
13,20 – 15,00	8,00	8	1,86	0,40	35,00	--	--

Tabella 14.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata.

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -0,60 m da p.c. uno strato di terreni coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 15 kg/cm^2 , poi da -0,60 m fino a -2,20 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con un valore di resistenza alla punta medio di circa 7 kg/cm^2 , poi da -2,20 m fino a -5,80 m da p.c. si rileva uno strato di terreni coesivi poco consistenti con un valore di resistenza alla punta di 3 kg/cm^2 , poi da -5,80 m fino a -13,20 m da p.c. si rileva uno strato di terreni granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta di 56 kg/cm^2 , infine da -13,20 m fino a -15,0 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rilevano nuovamente terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con un valore di resistenza alla punta medio di circa 8 kg/cm^2 .

14.1.1 AREA 1 – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la **Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 14.1.8)** mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per la presenza di terreni sabbiosi potenzialmente liquefacibili.

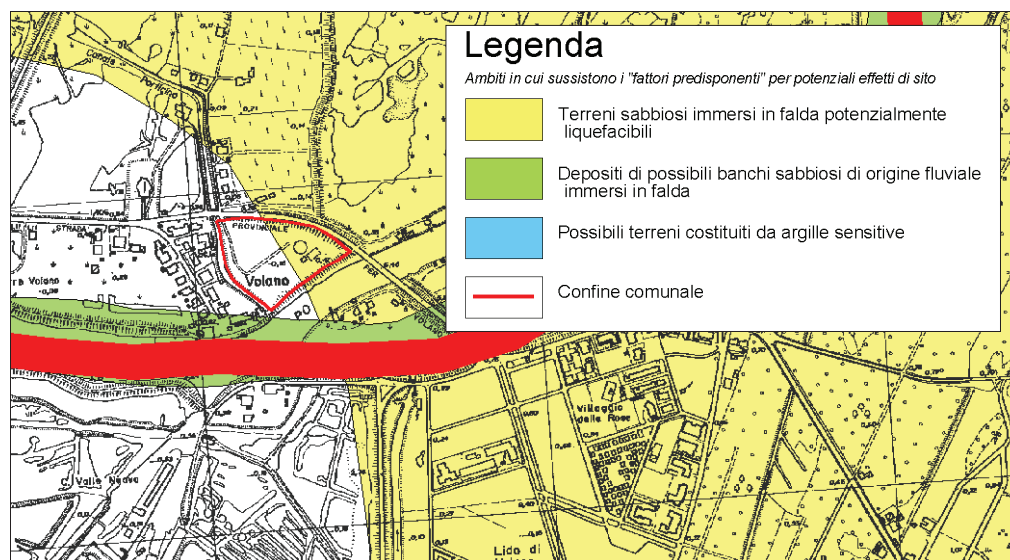


FIGURA 14.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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 penetrometrica statica CPT1 conferma la presenza di un banco di sabbie immerse in falda ed anche la presenza di sedimenti coesivi con coesione $C_u < 0,70 \text{ kg/cm}^2$ e possibile plasticità $IP \geq 30\%$.

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 V_s . 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}).

Viene considerata una prova a 35m di profondità eseguita dalla R.E.R. in Lido di Volano.

La prova è la CPTU 507 foglio 187160. I primi 15m sono i dati misurati sul sito allo studio con la CPT1.

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:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5}$$

resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25}$$

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

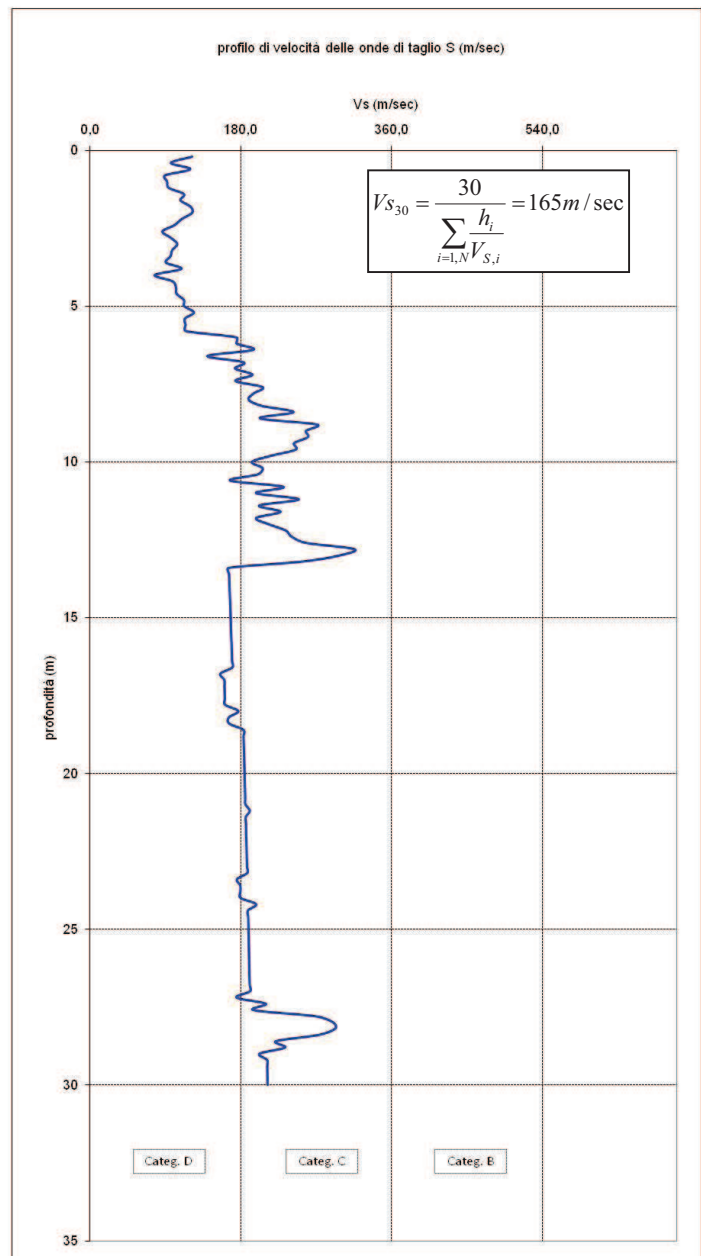
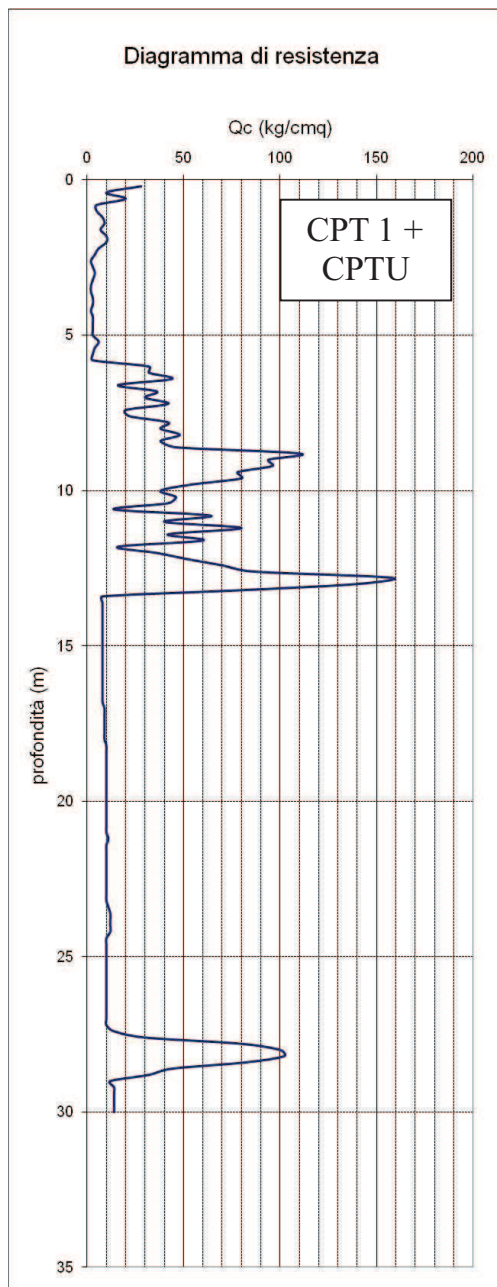
pa= pressione atmosferica.

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti A e (.

	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 CPT1 più la CPTU della regione in base ai risultati forniti dalla formula di *Andrus et al. (2001)*.



La Vs30 risulta essere pari a 165 m/sec, e 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

15.1 AREA 1 Industriale – CPT2

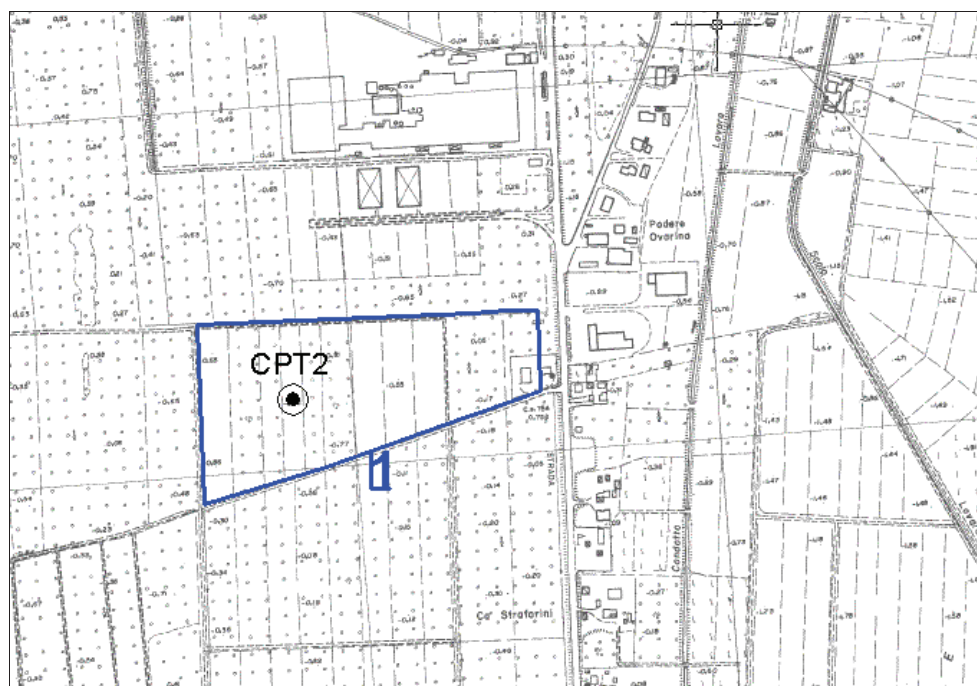


FIGURA 15.1.1 - Area 1, SCALA 1:10.000

L'**AREA 1** è ubicata ad ovest dell'abitato di Pomposa, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti produttivi (**FIGURA 15.1.1**).

Il sito di intervento ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli, l'allineamento è quello lungo cui corre la strada statale Romea. Dall'allineamento Italba-Pontelangorino-Pontemaodino verso est si susseguono una serie di importanti allineamenti di paleodune affioranti riconducibili dall'età del Ferro (il più occidentale), al periodo Romano, e all'alto medioevo (cordone su cui sorge l'Abbazia di Pomposa); a occidente del dosso morfologico Pontemaodino-Pontelangorino-Italba si estende il lembo più orientale della grande Bonificazione Ferrarese (1872). 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, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia (FIGURA 15.1.2)**. 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.

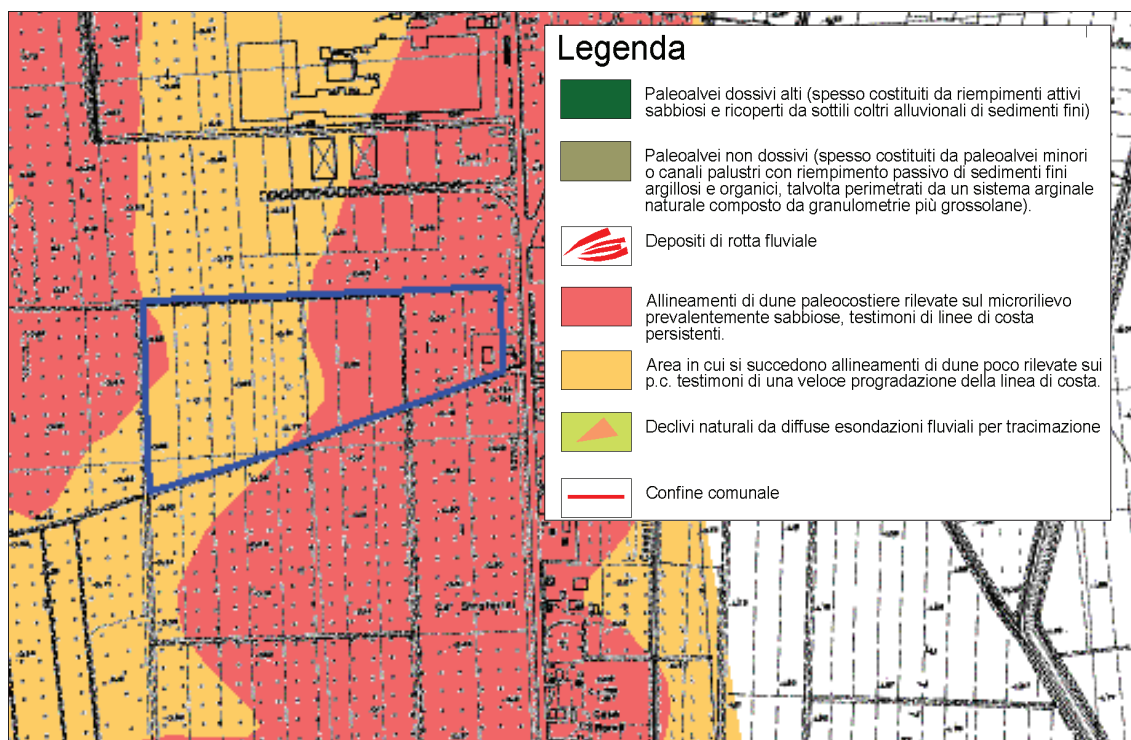


FIGURA 15.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 15.1.3** e **FIGURA 15.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

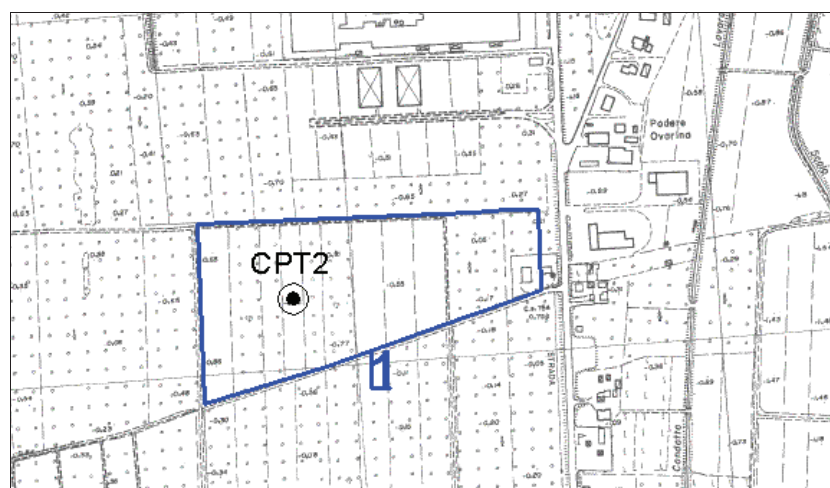


FIGURA 15.1.3 - Ubicazione CPT2 scala 1:10.000



FIGURA 15.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT2

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 15.1.5)**, risultano molto buone.



FIGURA 15.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 15.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT2, effettuata all'interno dell'area in esame.

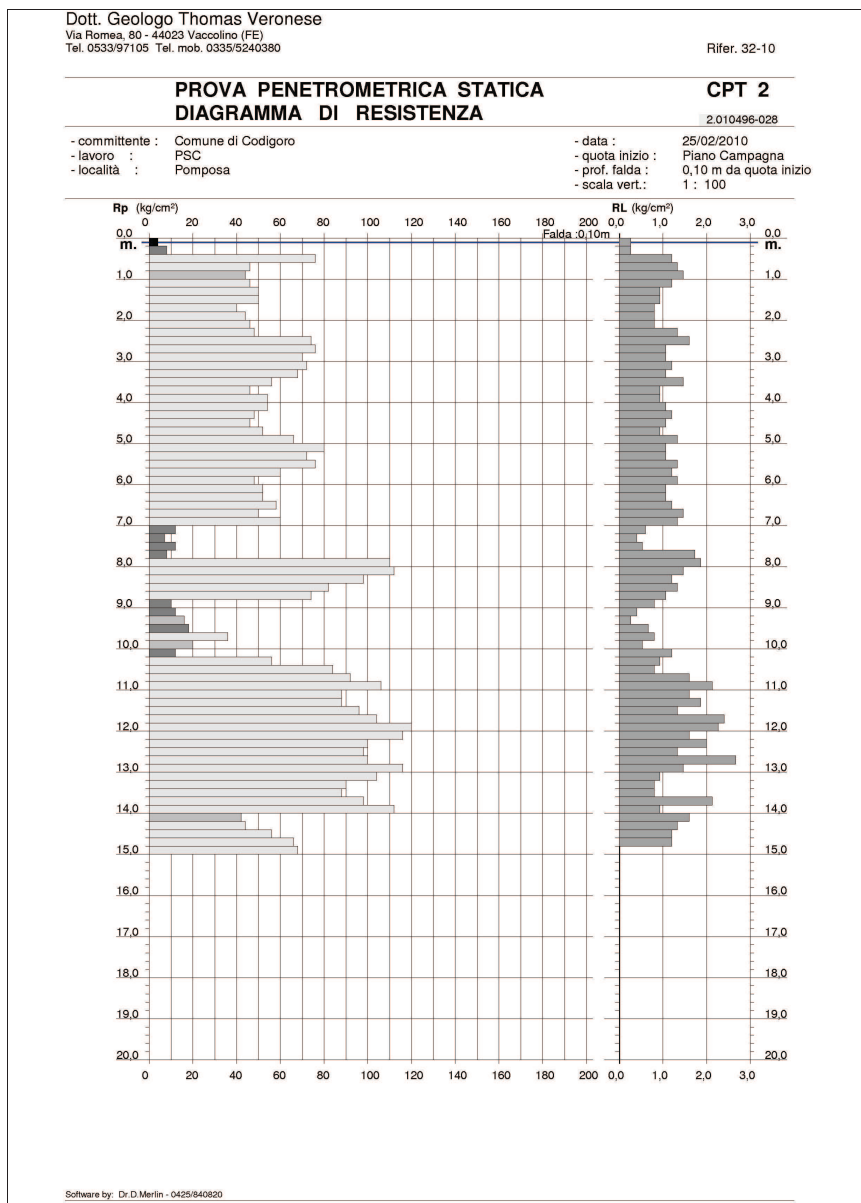


FIGURA 15.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT2

Nella **Tabella 15.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT2

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
0,40 – 7,00	57,00	40	1,93	--	199,40	81	31°5
7,00 – 7,80	9,80	7	1,89	0,47	39,80	--	--
7,80 – 8,80	95,20	74	1,99	--	333,20	76	33°4
8,80 – 10,20	17,70	10	1,91	0,56	45,90	--	--
10,20 – 15,00	88,80	42	1,98	--	310,90	63	33°2

Tabella 15.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -7,00 m da p.c. uno strato di terreni granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 57 kg/cm^2 , poi da -7,00 m fino a -7,80 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con un valore di resistenza alla punta medio di circa 10 kg/cm^2 , poi da -7,80 m fino a -8,80 m da p.c. si rileva uno strato di terreni granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta di 95 kg/cm^2 , poi da -8,80 m fino a -10,20 m da p.c. si rileva uno strato di terreni coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta di 18 kg/cm^2 , infine da -10,20 m fino a -15,0 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rilevano nuovamente terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 89 kg/cm^2 .

15.1.1 AREA 1 Ind – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 15.1.8) mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per liquefazione dovuta a sabbie sature.

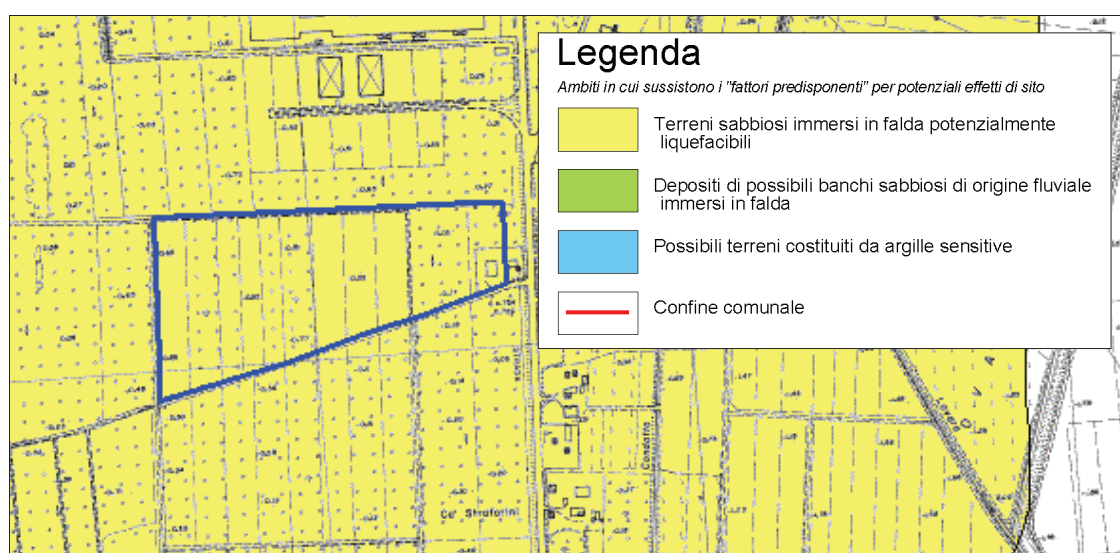


FIGURA 15.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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 penetrometrica statica CPT2 conferma la presenza di sabbie immerse in falda.

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

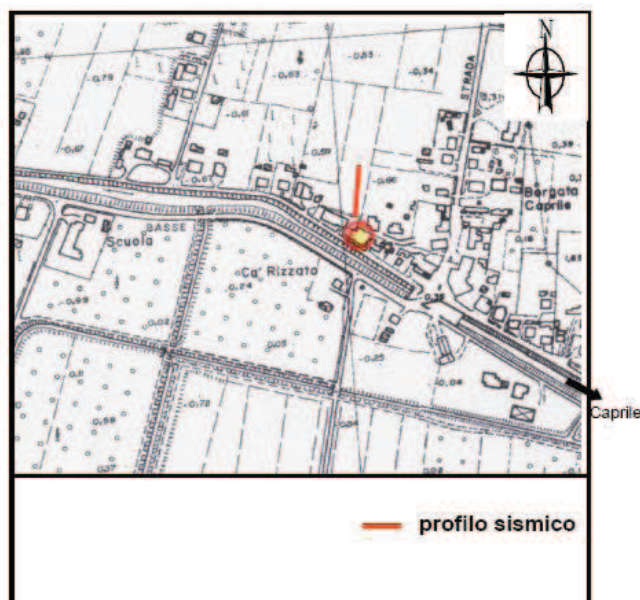
A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

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.

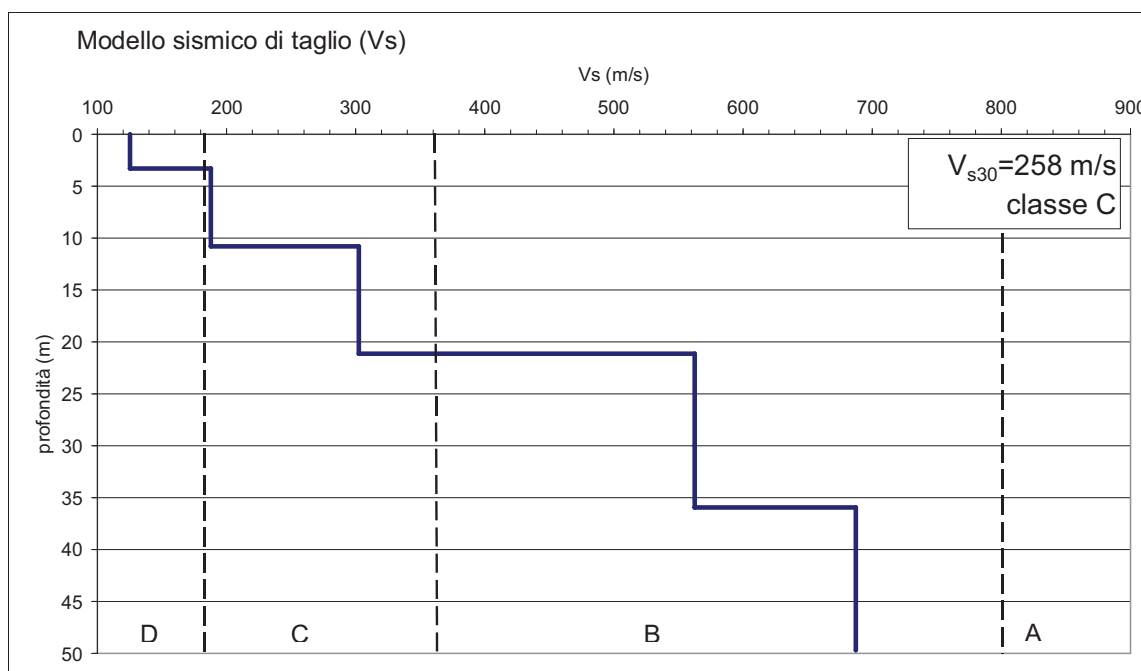
Viene considerato un profilo bibliografico in possesso dello scrivente che è stato fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) a nord est dell'area in esame ma su terreni che presentano le medesime caratteristiche lito-stratigrafiche.

L'indagine geofisica effettuata con la tecnica "ReMi", in data 20.01.2006, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (50 m). Di seguito si riporta l'ubicazione dell'indagine.



Il modello sismico VS ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 187,9-687,3 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	125.3	3.3	3.3
2	187.9	10.8	7.5
3	302.5	21.1	10.3
4	562.5	35.9	14.8
5	687.3	49.7 (?)	-



La V_{s30} misurata è stata di:

$$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$$

- PGA su suolo rigido 0,079g
- Il fattore di amplificazione F.A. è 1,5.
- Magnitudo massima attesa in zona sismogenetica 912 Mw=6,14
- Magnitudo da catalogo dei terremoti storici Mw=5,0

Per quanto attiene le caratteristiche granulometriche, tutte le sabbie analizzate hanno le curve che rientrano nei fusi potenzialmente liquefacibili.

Si riporta una tabella con riportati i valori in percentuale di sabbia e di Argilla-limo ricavato da diversi campioni a varie profondità provenienti dalle aree di cava poste poco più a nord **tabella 15.1.2.**

Le analisi granulometriche denotano una alta percentuale di sabbia sempre compresa tra 75 e 87%, e una bassa percentuale di argilla e limo compresa tra 13 e 25%, non è stata rilevata la presenza di ghiaia in nessuno dei campioni esaminati.

Numero Sondaggio	Numero campione	Intervallo di profondità di prelievo (m)	Ghiaia (>4,76mm)%	Sabbia (4,76-0,075mm)%	Argilla e limo (<0,075mm)%
S1	1	4,3-4,8	0	77	23
S1	2	6,7-6,95	0	79	21
S2	1	3,4-3,8	0	76	24
S2	2	6,0-6,5	0	85	15
S3	1	3,0-3,6	0	83	17
S3	2	4,9-5,5	0	81	19
S4	1	3,3-3,6	0	84	16
S4	2	6,1-6,3	0	75	25
S5	1	3,2-3,6	0	83	17
S6	1	3,2-3,6	0	79	21
S7	1	2,2-2,6	0	78	22
S7	2	4,8-5,0	0	76	24
Numero Sondaggio	Numero campione	Intervallo di profondità di prelievo (m)	Ghiaia (>4,76mm)%	Sabbia (4,76-0,075mm)%	Argilla e limo (<0,075mm)%
S1	C1	0,8-1,6	0	78.7	21.3
S1	C2	4,0-5,0	0	87.3	12.5
S2	C1	0,2-1,0	0	79.4	20.6
S2	C2	1,6-2,4	0	84.8	15.1
S2	C3	3,2-4,0	0	81.9	18.0
S3	C1	1,6-2,4	0	79.8	20.2
S3	C2	2,8-3,8	0	80.6	19.3

Tabella 15.1.2 – Intervalli di profondità di prelievo campioni

16.1 AREA 2 Industriale

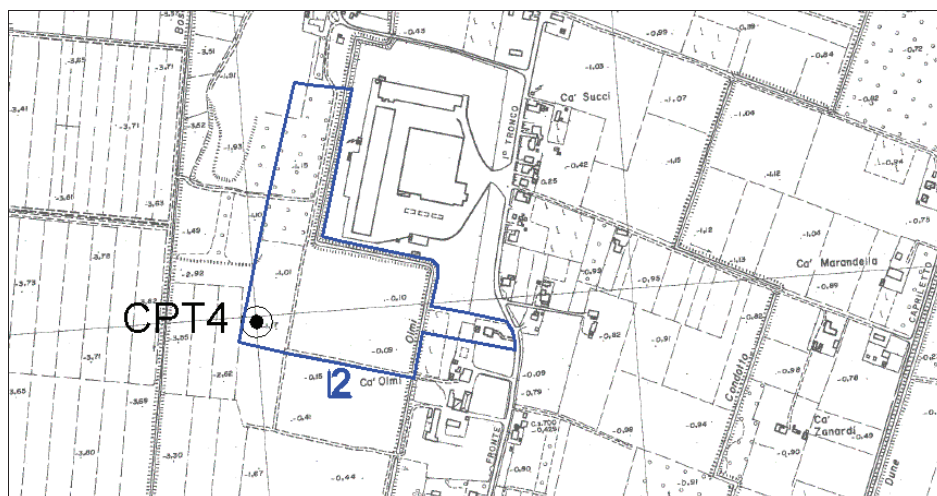


FIGURA 16.1.1 - Area 2, SCALA 1:10.000

L'**AREA 2** è ubicata a nord dell'abitato di Pontemaodino, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti industriali (**FIGURA 16.1.1**).

Il sito di intervento ricade quasi interamente su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli, tranne per il margine ovest dell'area che ricade sulla scarpata del dosso. L'allineamento è quello Italba-Pontelangorino-Pontemaodino, verso est si susseguono una serie di importanti allineamenti di paleodune affioranti riconducibili dall'età del Ferro (il più occidentale), al periodo Romano, e all'alto medioevo (cordone su cui sorge l'Abbazia di Pomposa); a occidente del dosso morfologico Pontemaodino-Pontelangorino-Italba si estende il lembo più orientale della grande Bonificazione Ferrarese (1872). 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, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia** (**FIGURA 16.1.2**). L'area si sviluppa su quote di circa -0,10 per la parte ricadente sul dosso e -1,00 m sul l.m.m. per l'estremità ovest, e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

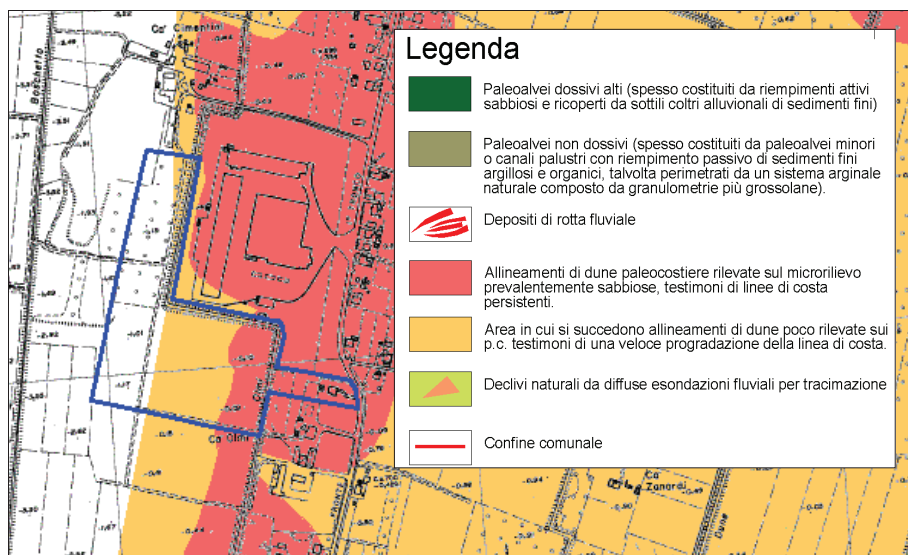


FIGURA 16.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 16.1.3** e **FIGURA 16.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

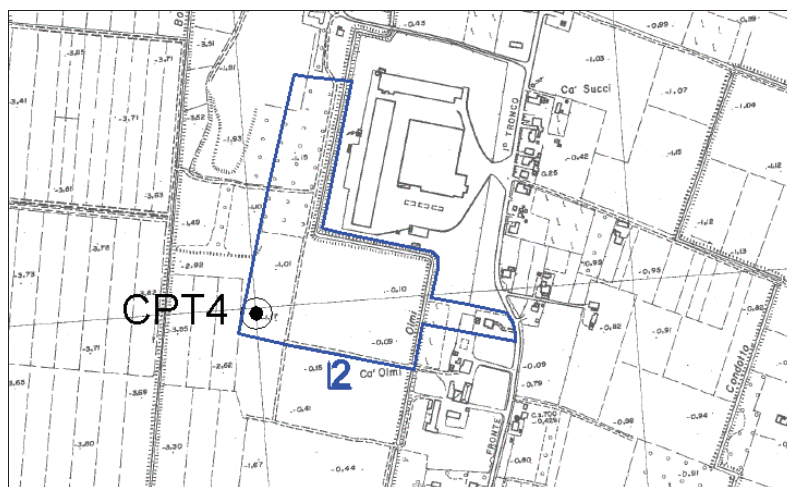


FIGURA 16.1.3 - Ubicazione CPT4 scala 1:10.000



FIGURA 16.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT4

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 16.1.5)**, risultano molto buone per la parte ricadente sul dosso e molto scarse per la piccola parte ovest fuori dal dosso.

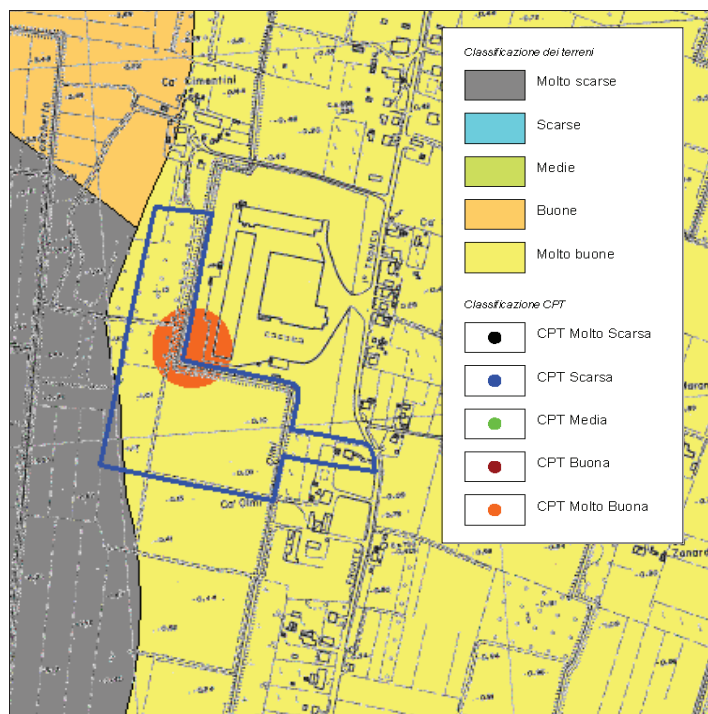


FIGURA 16.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 16.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT4, effettuata all'interno dell'area in esame.

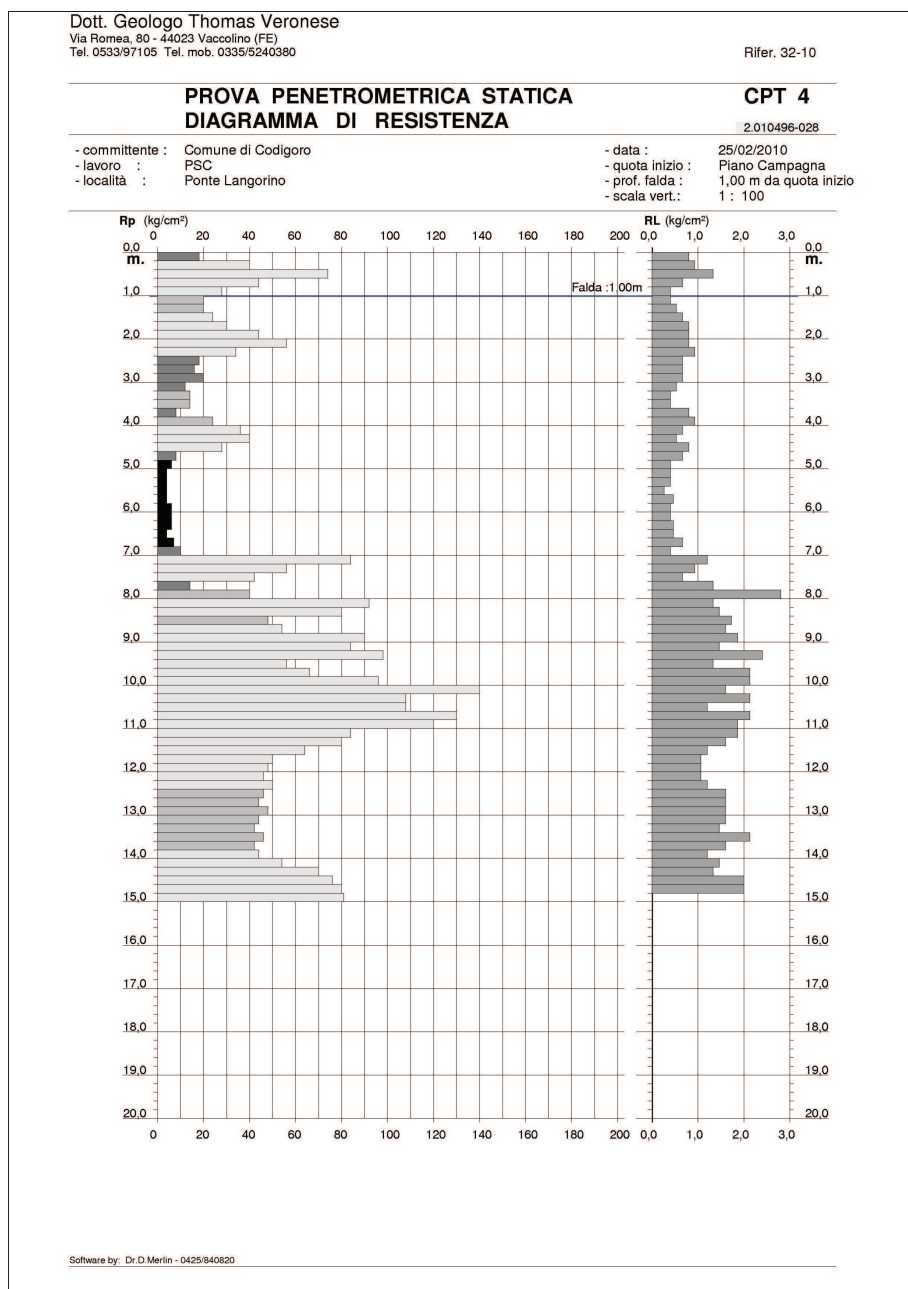


FIGURA 16.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT4

Nella **Tabella 16.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT4

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	37,60	20	1,90	0,15	131,70	75	29°4
2,40 – 4,60	20,90	8	1,91	0,49	56,00	27	17°7
4,60 – 7,00	5,80	4	1,53	0,29	19,00	--	--
7,00 – 15,00	68,60	14	1,97	0,35	239,00	56	31°3

Tabella 16.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -2,40 m da p.c. uno strato di terreni granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 38 kg/cm^2 , poi da -2,40 m fino a -4,60 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 21 kg/cm^2 , poi da -4,60 m fino a -7,00 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con un valore di resistenza alla punta medio di circa 6 kg/cm^2 , infine da -7,00 m fino a -15,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rilevano nuovamente terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 69 kg/cm^2 .

16.1.1 AREA 2 – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la **Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 16.1.8)** mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per possibile presenza di argille sensitive.

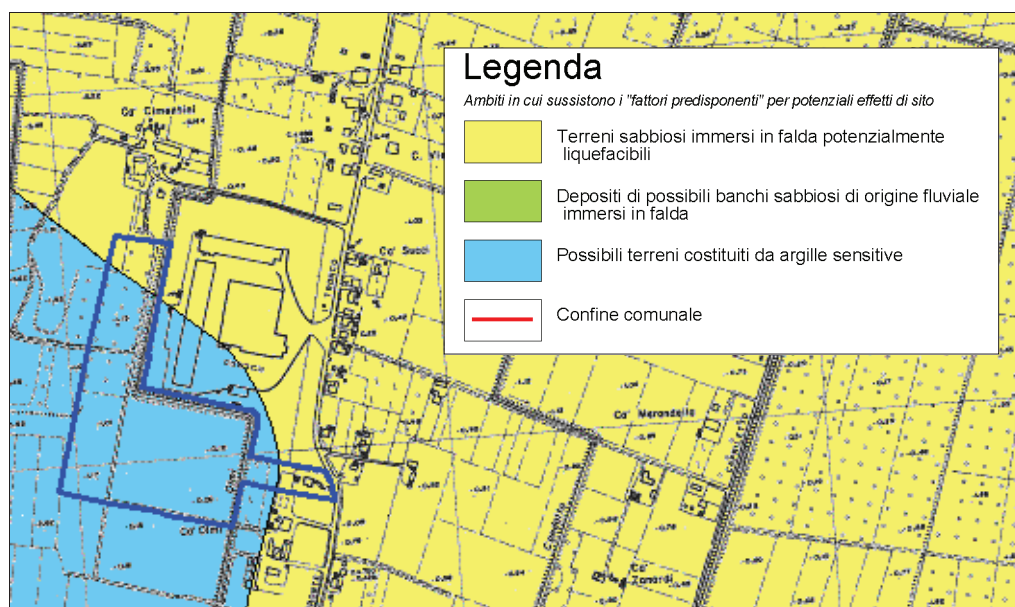


FIGURA 16.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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 penetrometrica statica CPT4 rileva la presenza di sabbie immerse in falda ed anche la presenza di sedimenti coesivi con coesione $C_u < 0,70 \text{ kg/cm}^2$ e possibile plasticità $IP \geq 30\%$.

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 V_s .

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

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 V_s disponibili;

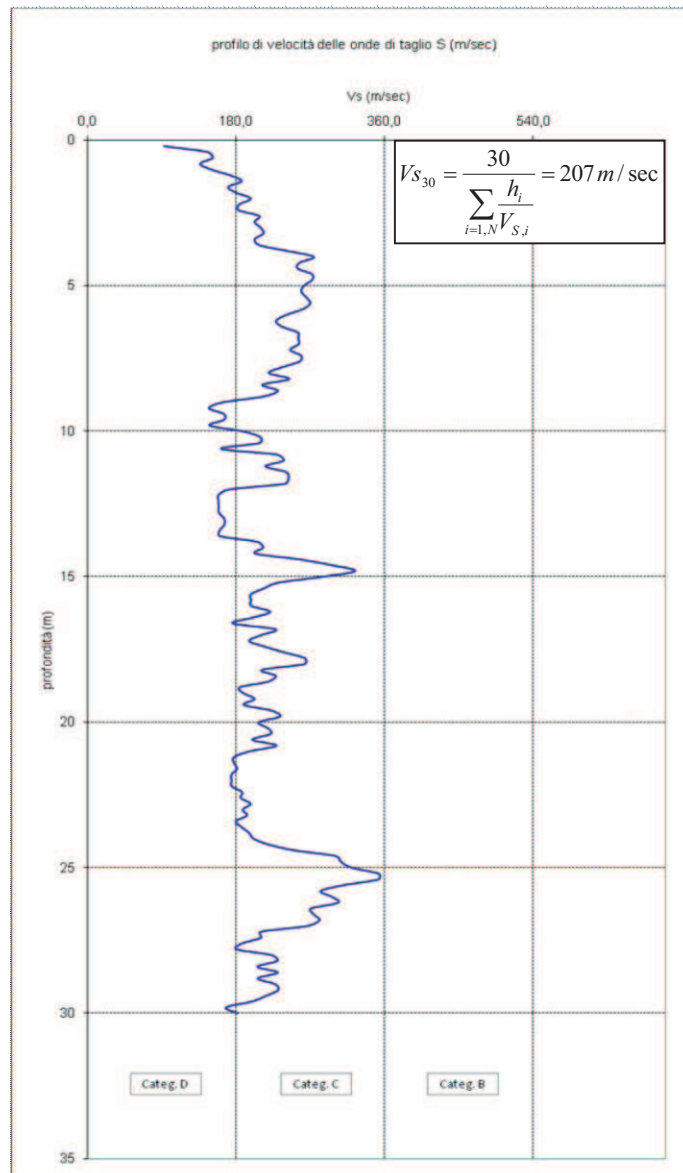
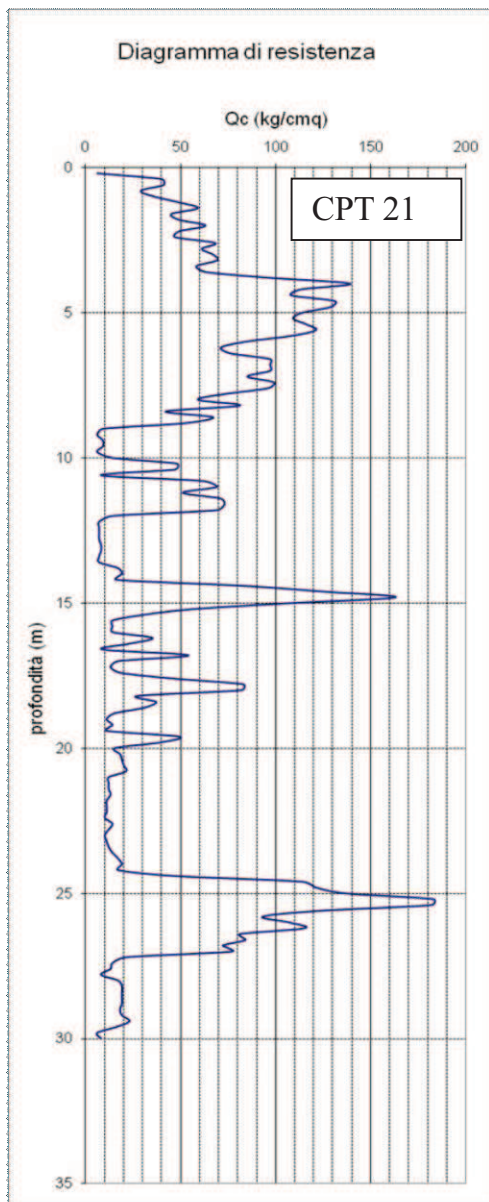
p_a = pressione atmosferica.

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, e 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

17.1 AREA 3 Industriale – CPT9

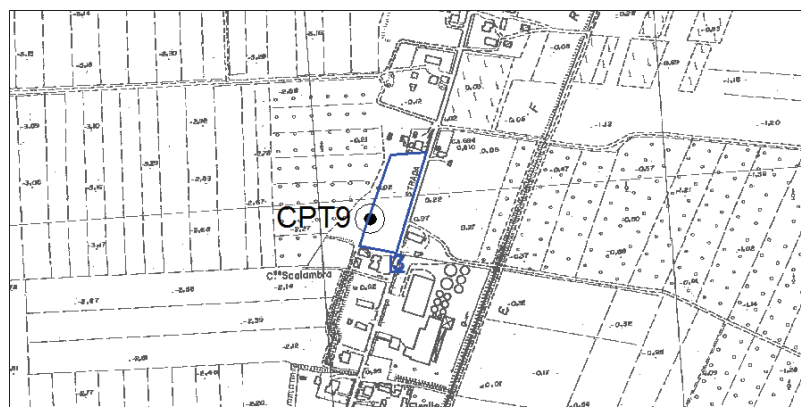


FIGURA 17.1.1 - Area 3, SCALA 1:10.000

L'**AREA 3** è ubicata a nord dell'abitato di Pontelangorino, ed è indicata come un ambito per potenziali nuovi insediamenti industriali (**FIGURA 17.1.1**).

Il sito di intervento ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli, l'allineamento è quello Italba-Pontelangorino-Pontemaodino, verso est si susseguono una serie di importanti allineamenti di paleodune affioranti riconducibili dall'età del Ferro (il più occidentale), al periodo Romano, e all'alto medioevo (cordone su cui sorge l'Abbazia di Pomposa); a occidente del dosso morfologico Pontemaodino-Pontelangorino-Italba si estende il lembo più orientale della grande Bonificazione Ferrarese (1872). 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, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia** (**FIGURA 17.1.2**). L'area si sviluppa su quote di circa +0,00/+0,10 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

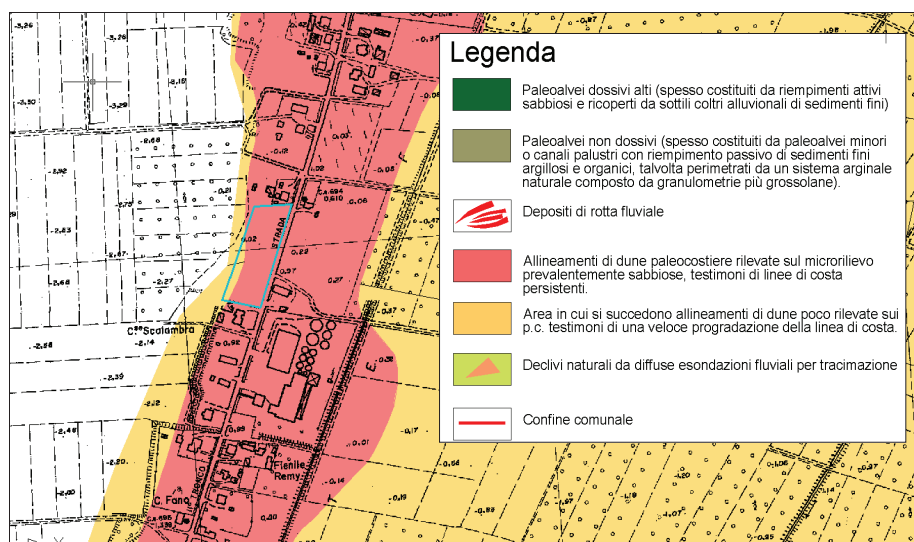


FIGURA 17.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

All'interno dell'area è stata eseguita una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -15,0 m da p.c.; in **FIGURA 17.1.3** e **FIGURA 17.1.4** vengono riportate rispettivamente l'ubicazione e una fase di esecuzione della prova.

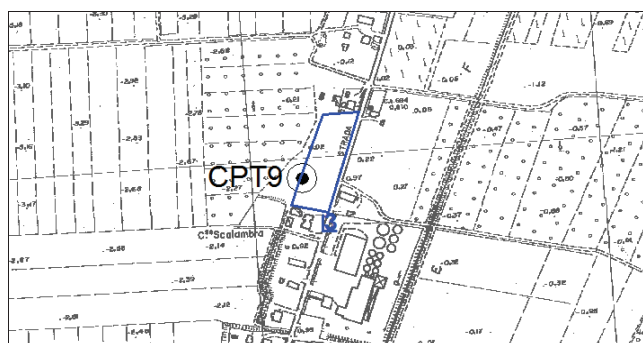


FIGURA 17.1.3 - Ubicazione CPT9 scala 1:10.000



FIGURA 17.1.4 - Fase di esecuzione prova penetrometrica CPT9

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, ricavate dalla **Carta delle qualità geotecniche dei terreni (FIGURA 17.1.5)**, risultano molto buone.

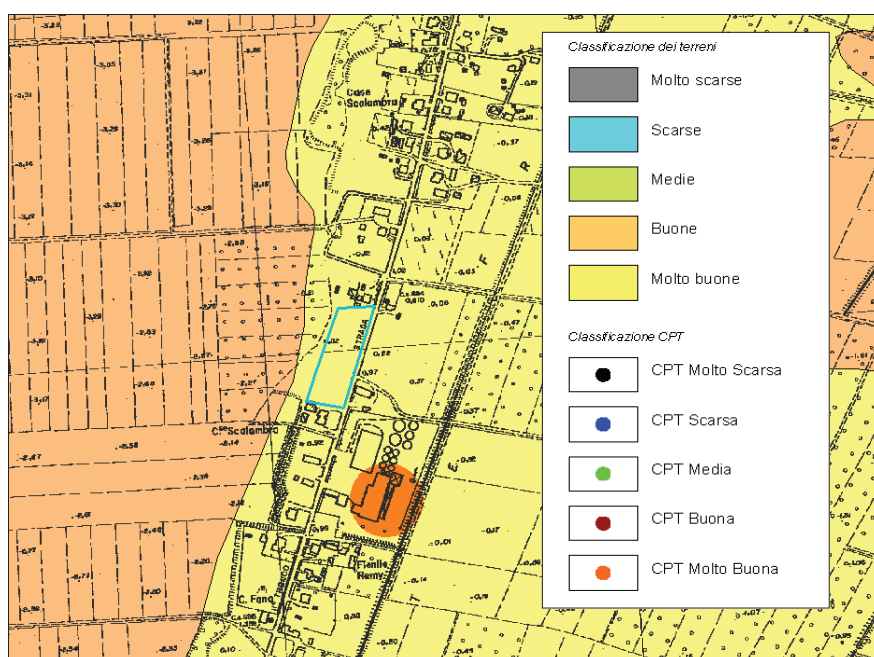


FIGURA 17.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 17.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica CPT9, effettuata all'interno dell'area in esame.

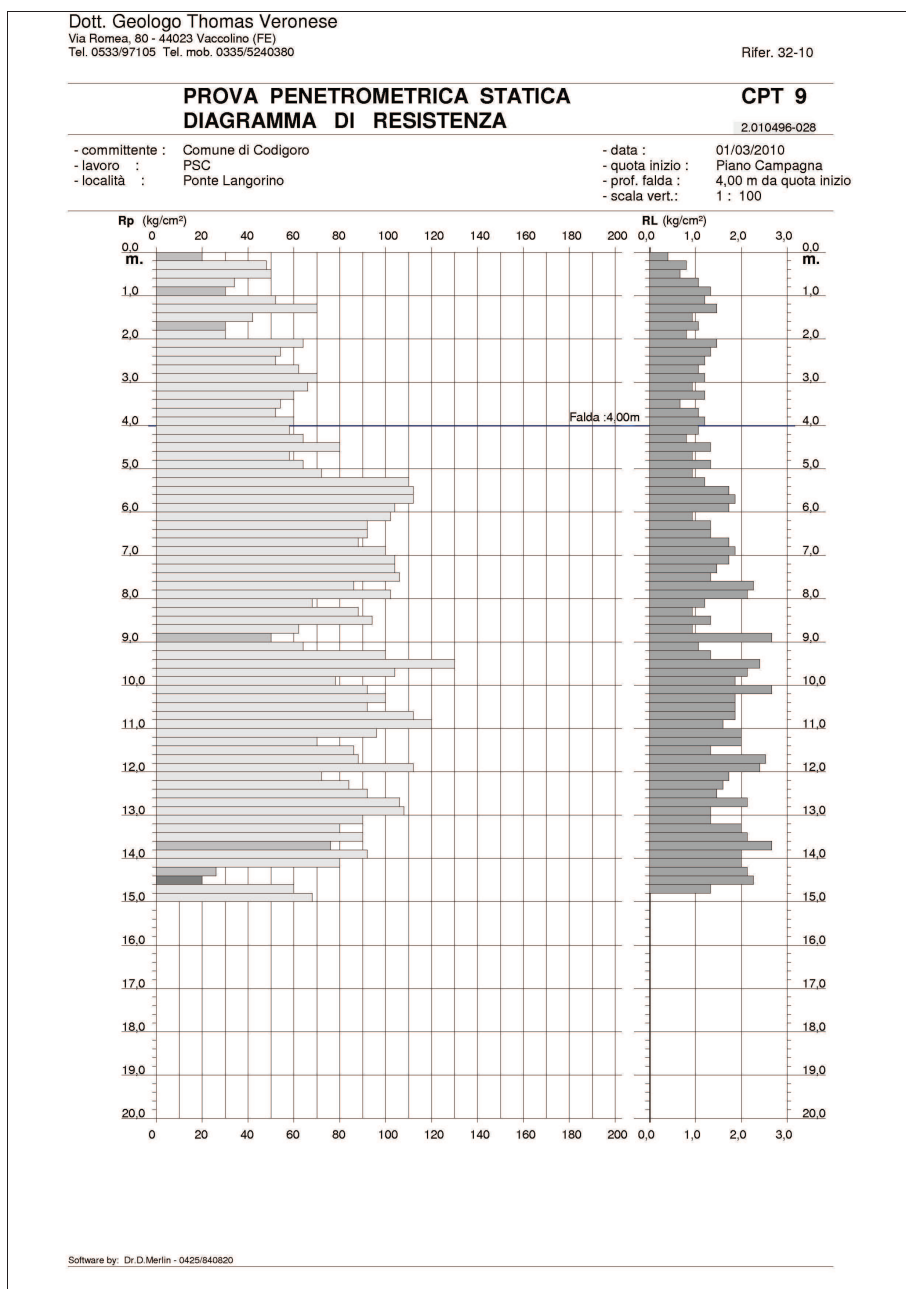


FIGURA 17.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica CPT9

Nella **Tabella 17.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT9

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 – 2,00	42,90	30	1,85	0,22	150,10	80	30°1
2,00 – 5,20	61,90	52	1,94	--	216,60	66	31°7
5,20 – 15,00	89,10	20	1,99	0,12	311,70	60	33°1

Tabella 17.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La prova penetrometrica statica eseguita all'interno dell'area in esame mostra da p.c. fino a -2,00 m da p.c. uno strato di terreni poco addensati un valore di resistenza alla punta medio, R_p , di circa 40 kg/cm^2 , poi da -2,00 m fino a -5,20 m da p.c. mostra uno strato di terreni prevalentemente granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 62 kg/cm^2 , poi da -5,20 m fino a -15,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, si rilevano terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di circa 89 kg/cm^2 .

17.1.1 AREA 3 Industriale – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la **Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 17.1.8)** mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di caratteri predisponenti a instabilità per liquefazione dovuta a sabbie saturate.

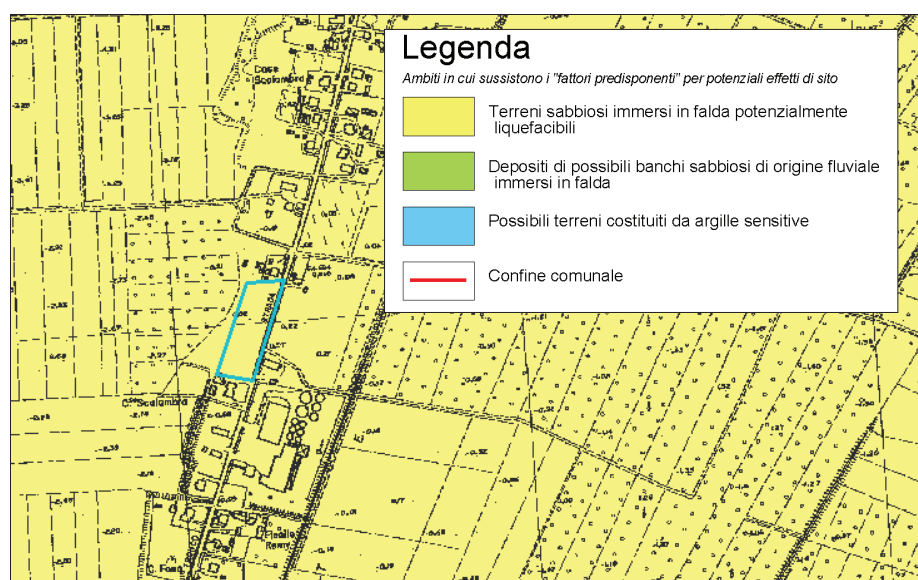


FIGURA 17.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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 penetrometrica statica CPT9 conferma la presenza di sabbie immerse in falda.

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

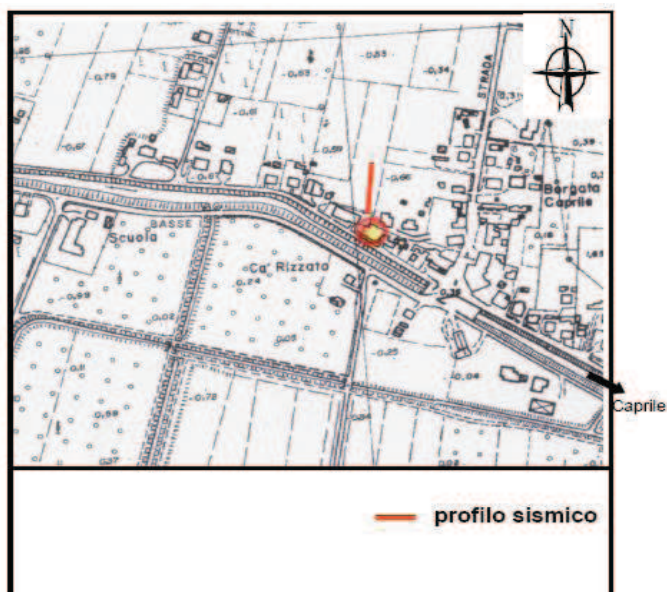
A corredo di questo livello di approfondimento deve anche essere allegata la definizione del modello geologico del sottosuolo e del profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

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.

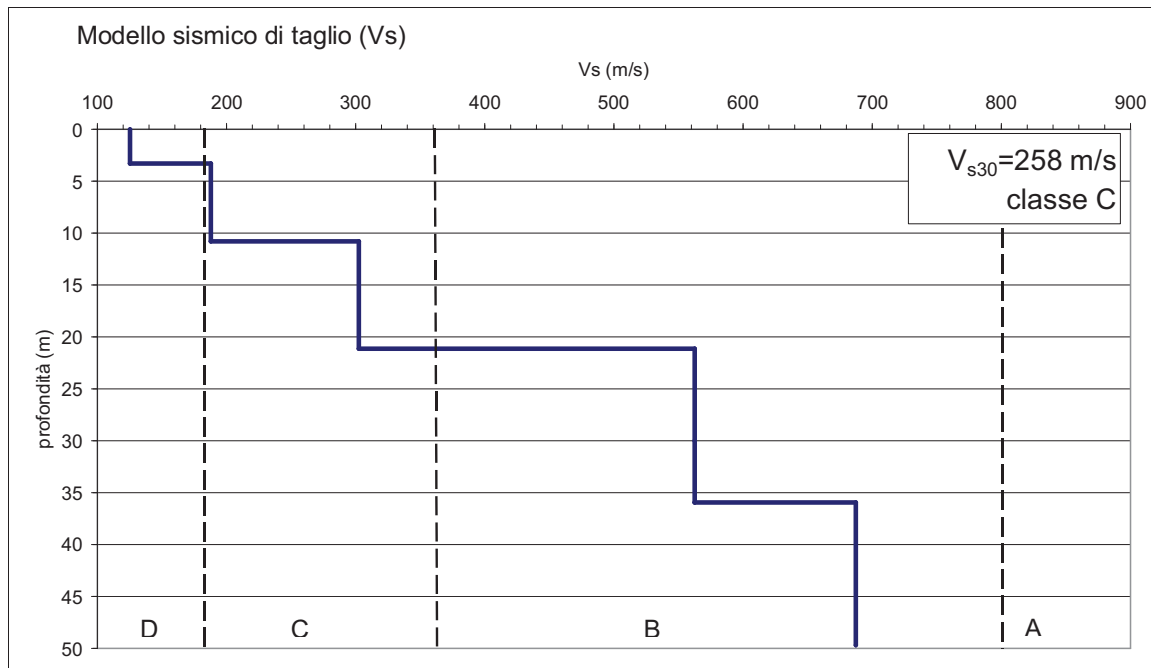
Viene considerato un profilo bibliografico in possesso dello scrivente che è stato fatto eseguire al dott. Nasser Abu Zeid (Ditta specializzata in acquisizione dati geofisici) ad est dell'area in esame ma su terreni che presentano le medesime caratteristiche lito-stratigrafiche.

L'indagine geofisica effettuata con la tecnica "ReMi", in data 20.01.2006, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (50 m). Di seguito si riporta l'ubicazione dell'indagine.



Il modello sismico VS ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 187,9-687,3 m/s.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	125.3	3.3	3.3
2	187.9	10.8	7.5
3	302.5	21.1	10.3
4	562.5	35.9	14.8
5	687.3	49.7 (?)	--



La V_{s30} misurata è stata di:

$$V_{s30} = 258 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/sec}$$

per cui la categoria di suolo di fondazione risulta essere:

Categoria di suolo di fondazione = C

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

18.1 AREA 4 Industriale– CPT 71-04/1

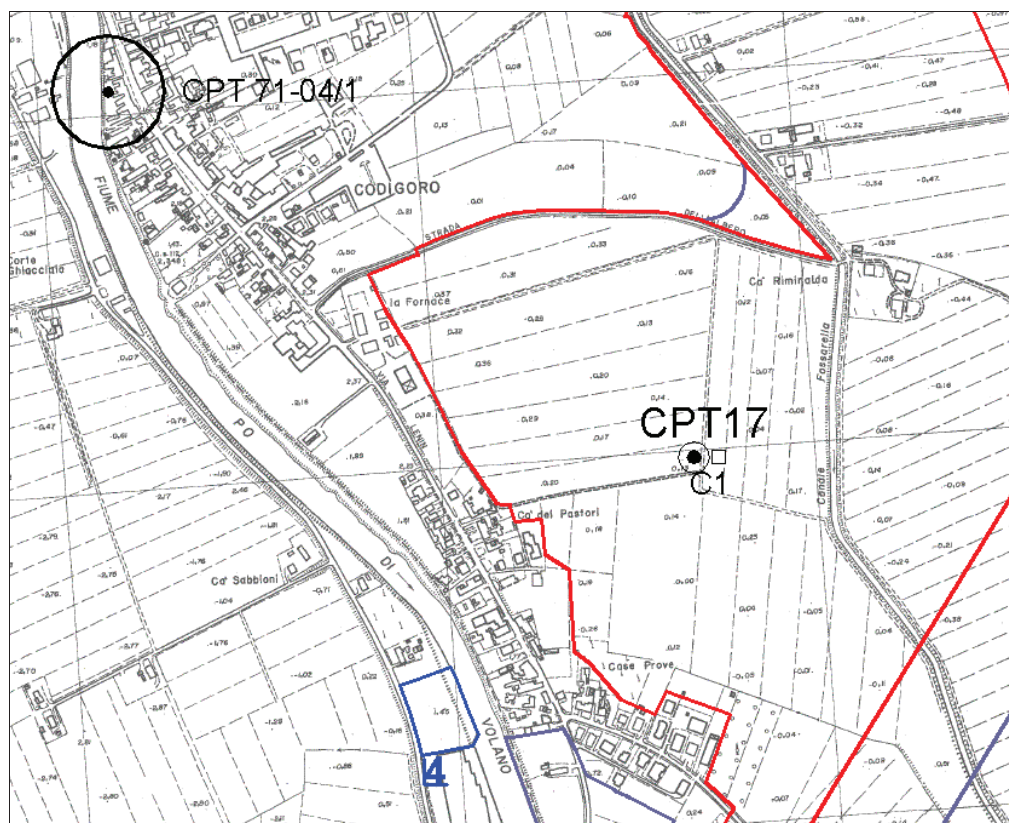


FIGURA 18.1.1 – Area 5, SCALA 1:10.000

L'**AREA 4** è ubicata a sud dell'abitato di Codigoro, ed è indicata come ambiti per potenziali nuovi insediamenti industriali (**FIGURA 18.1.1**).

L'area di intervento ricade sul dosso del paleoalveo del Po di Volano su cui sorge Codigoro. Il fiume Po di Volano nei secoli scorsi era molto più attivo e capace di significativi apporti solidi; successivamente il fiume ha perso di importanza, il suo alveo si è ristretto, ed esternamente ad esso prevalgono sedimenti di bassa energia idrodinamica, più costipabili e dunque maggiormente ribassati dalla subsidenza. Il dosso fluviale che si è formato per i processi di autosedimentazione in alveo di sedimenti meno costipabili ha fatto sì che si preservassero queste morfologie in elevazione rispetto alle campagne circostanti, dove i sedimenti più costipabili hanno accelerato i fenomeni di subsidenza superficiale, si veda in proposito lo stralcio della **Carta Geomorfologia (FIGURA 18.1.2)**. L'area si sviluppa su quote di circa +1,40 m sul l.m.m. e non risulta sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente.

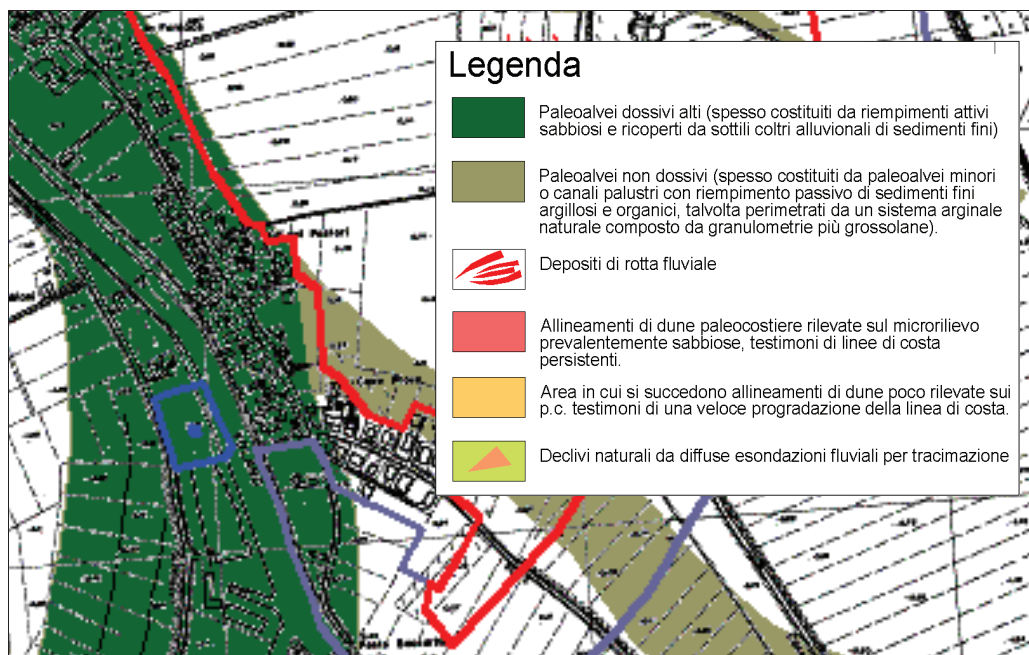


FIGURA 18.1.2 - Carta Geomorfologica, scala 1:10.000

Per la ricostruzione del modello geologico viene presa in considerazione una indagine bibliografica eseguita dallo scrivente sempre in corrispondenza di questa forma morfologica, l'indagine è stata spinta fino alla profondità di -9,0 m da p.c., in **FIGURA 18.1.3** viene riportata l'ubicazione della prova.

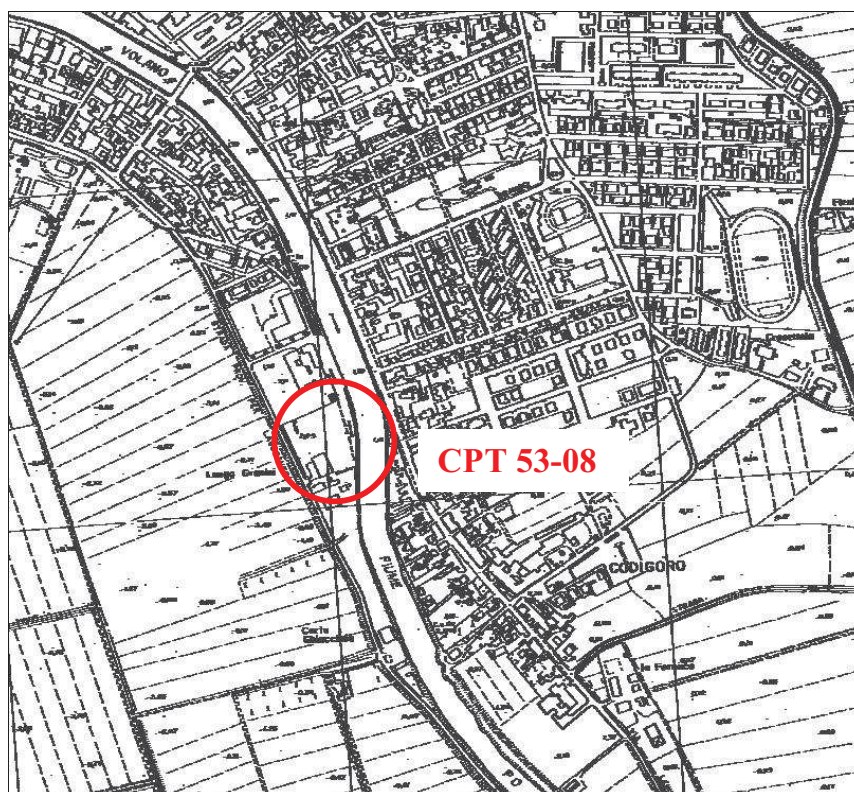


FIGURA 18.1.3 - Ubicazione CPT 71-04/1 scala 1:10.000

Classificazione dei terreni

- Molto scarse
- Scarse
- Medie
- Buone
- Molto buone

Classificazione CPT

- CPT Molto Scarsa
- CPT Scarsa
- CPT Media
- CPT Buona
- CPT Molto Buona

FIGURA 18.1.5 - Carta qualità geotecniche scala 1:10.000

In **FIGURA 18.1.7** viene riportato il diagramma di resistenza della prova penetrometrica statica.

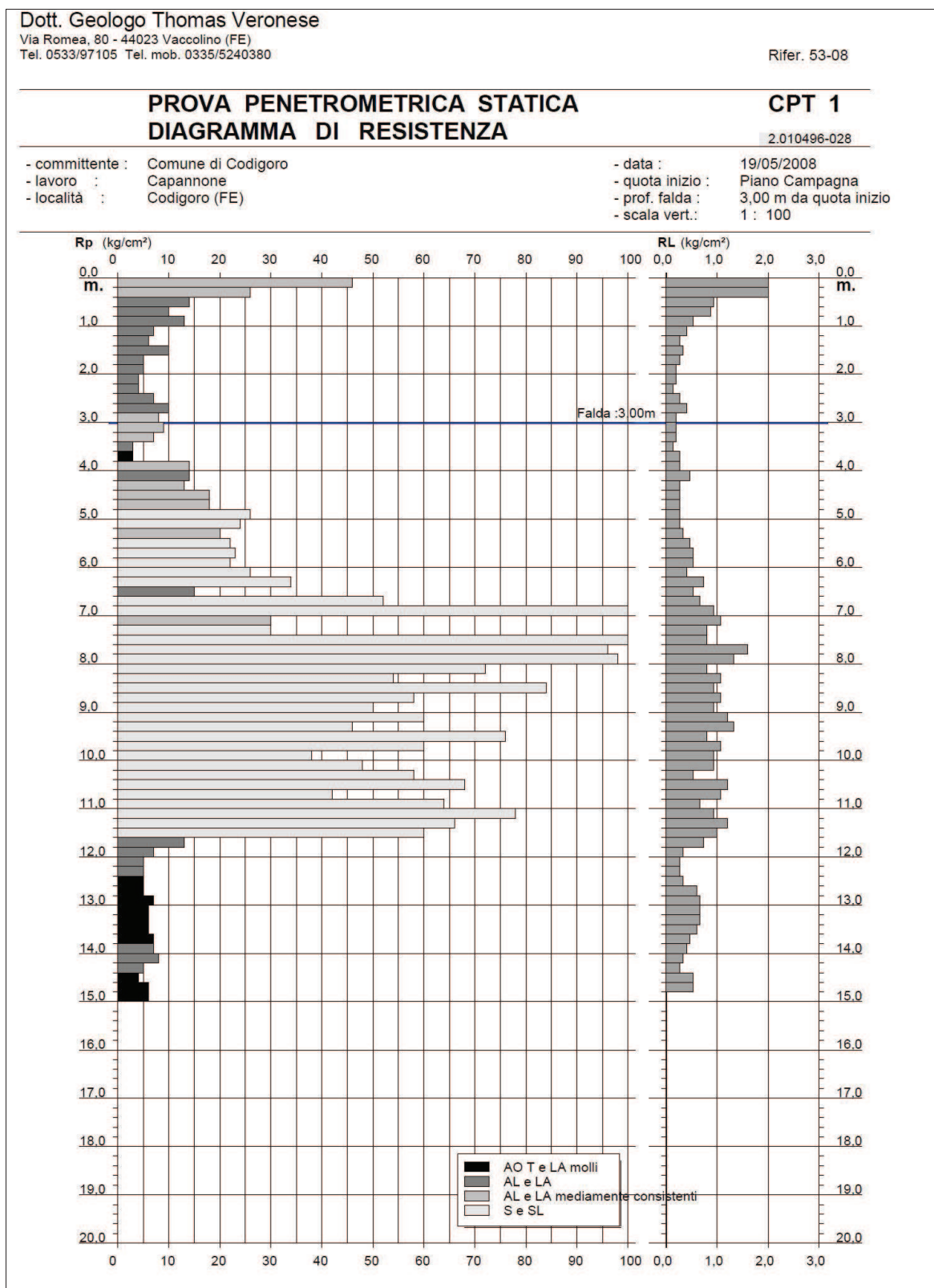


FIGURA 18.1.7 - Diagramma di resistenza della prova penetrometrica

Nella **Tabella 18.1.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica:

CPT1 (Rif. 53-08)

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}
0,2 – 0,4	26,00	1,85	0,93	91,00	89	28°
0,4 – 3,4	7,90	1,84	0,39	39,70	--	--
3,4 – 3,8	3,00	1,61	0,15	12,00	--	--
3,8 – 7,4	28,40	1,90	0,32	96,40	29	26°6
7,4 – 11,6	65,50	1,94	--	229,30	54	32°
11,6 – 15,0	6,40	1,64	0,31	25,60	--	--

Tabella 18.1.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

18.1.1 AREA 4 Industriale – Riduzione del rischio sismico

- **I Livello di approfondimento:** la **Tavola dei fattori predisponenti per i potenziali effetti di sito (FIGURA 18.1.8)** mostra che questa area è caratterizzata dalla potenziale presenza di depositi sabbiosi di origine fluviale immersi in falda.

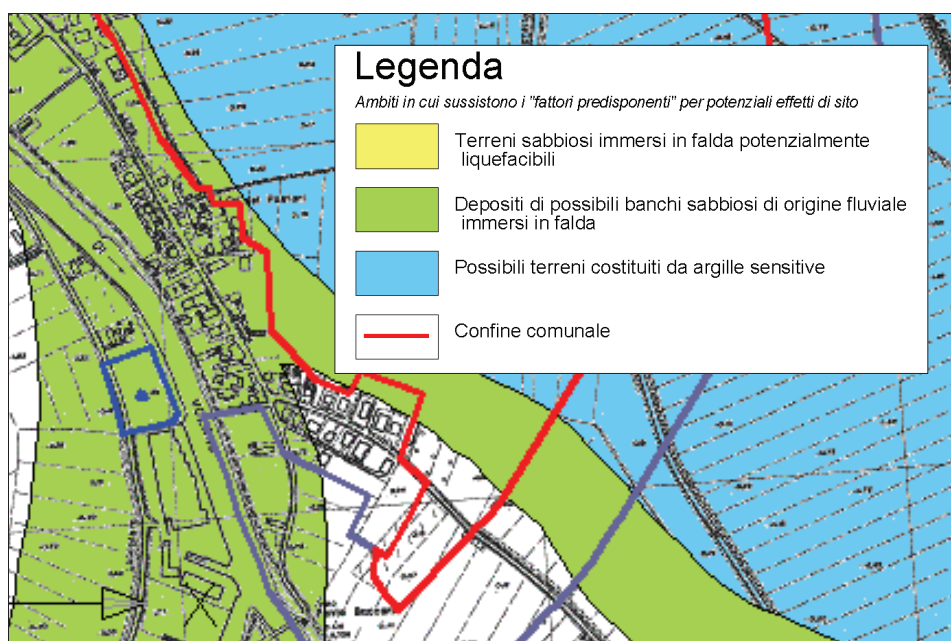


FIGURA 18.1.8 - Carta degli effetti di sito scala 1:10.000

- **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.