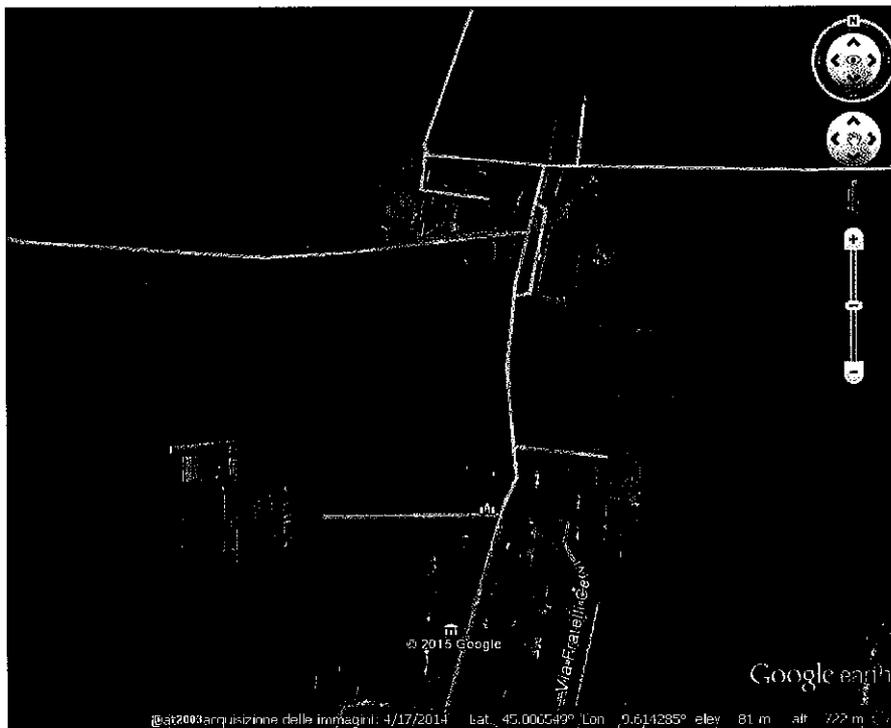


COMUNE DI GOSSOLENGO

Provincia di Piacenza

INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE RELATIVE AD
UNA LOTTIZZAZIONE RESIDENZIALE "LE ROBINIE"
UBICATA IN GOSSOLENGO - VIA GUGLIELMO MARCONI



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Committente: Spett.le EMMEGI S.r.l.

14 Aprile 2015



a cura di

Dott. Paolo Mancinelli Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 26121 Piacenza - TEL. ex. 0523/452267 - Cell. 336/8147227
e-mail: paulmancinelli@studio-geologico.it - P.F.C. paulmancinelli@studio-geologico.it

INDICE DEGLI ARGOMENTI

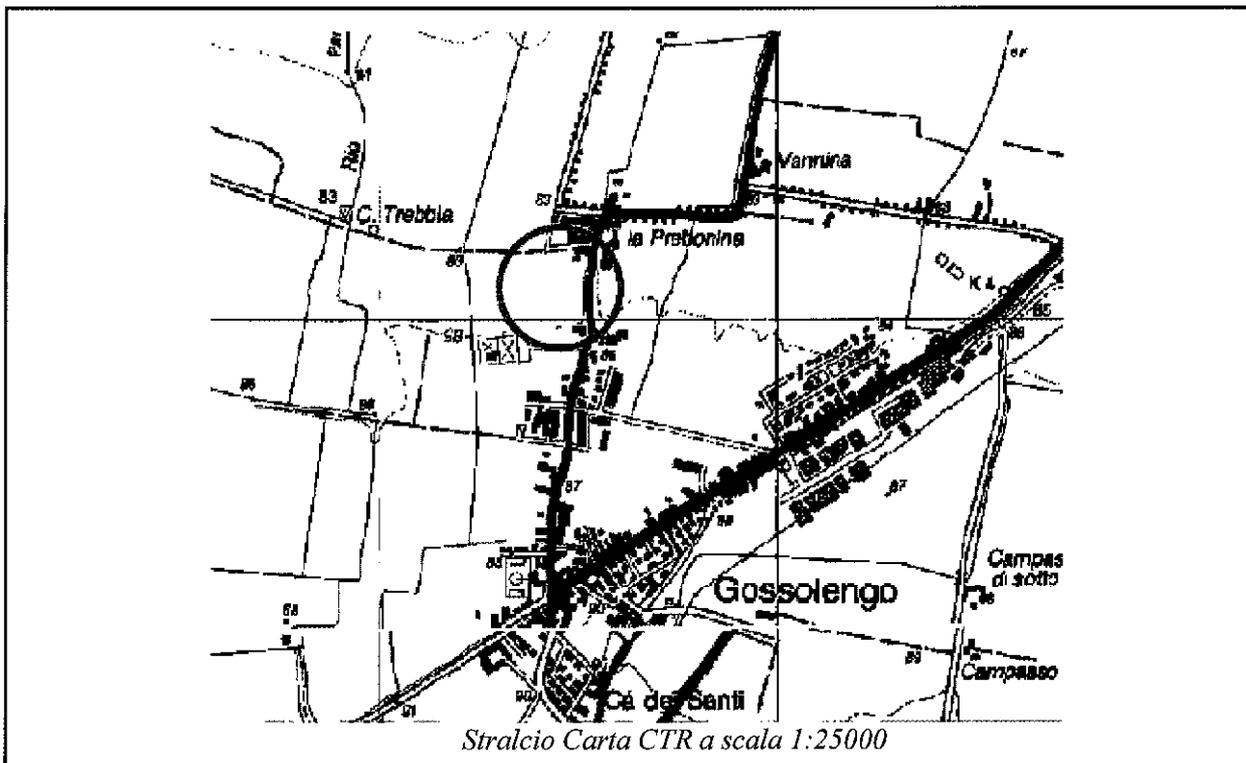
1.0 – PREMESSA	pag. 3
2.0 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE	pag. 4
2.1 - Ubicazione	pag. 4
2.2 - Stato dei luoghi	pag. 5
3.0 - MODELLO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	pag. 6
3.1 - Geologia e morfologia	pag. 6
3.2 - Idrogeologia del sottosuolo	pag. 8
3.3 – Vulnerabilità intrinseca dell’acquifero superficiale	pag. 9
3.4 – Idrografia Superficiale	pag. 10
3.5 – Piano di Tutela delle acque P.T.A.	pag. 11
4.0 - LA CLASSIFICAZIONE SISMICA NAZIONALE	pag. 12
4.1 - Sismicità del Comune di Gossolengo	pag. 13
4.2 – Cenni sulla sismicità storica del territorio padano nelle zone limitrofe a Gossolengo	pag. 15
5.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag. 16
5.1 – Stratigrafia e parametri geotecnici	pag. 20
5.2 – Modello geotecnico	pag. 20
6.0 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO LOCALE	pag. 21
6.1 – Caratterizzazione sismica del sottosuolo	pag. 21
6.2 – Cenni sulla teoria della tecnica HVSR	pag. 22
6.3 – Definizione categoria di suolo	pag. 27
6.4 – Analisi della risposta sismica locale: II° livello di approfondimento	pag. 28
6.5 – Valutazione del fattore di amplificazione	pag. 29
6.6 – Valutazione del fenomeno di liquefazione	pag. 30
7.0 – VALUTAZIONI PRELIMINARI DEL SISTEMA GEOTECNICO	pag. 31
7.1 – Vita nominale dell’opera	pag. 31
7.2 – Classe d’uso	pag. 32
7.3 – Periodo di riferimento	pag. 33
8.0 – OPERE IN PROGETTO	pag. 37
8.1 – Verifica dello stato limite ultimo	pag. 39
8.2 – Calcolo del Carico Limite e della Resistenza del Sistema Geotecnico “Rd”	pag. 40
9.0 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	pag. 43

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

1.0 - PREMESSA

Per conto della **Spett.le Società Emmegi S.r.l.** si è eseguito uno studio geologico, geotecnico e sismico generale finalizzato alla esecuzione di una lottizzazione residenziale ubicata in Gossolengo (PC) – Via Guglielmo Marconi (vedi Carta "Inquadramento Geografico" scala 1:25.000 allegata).

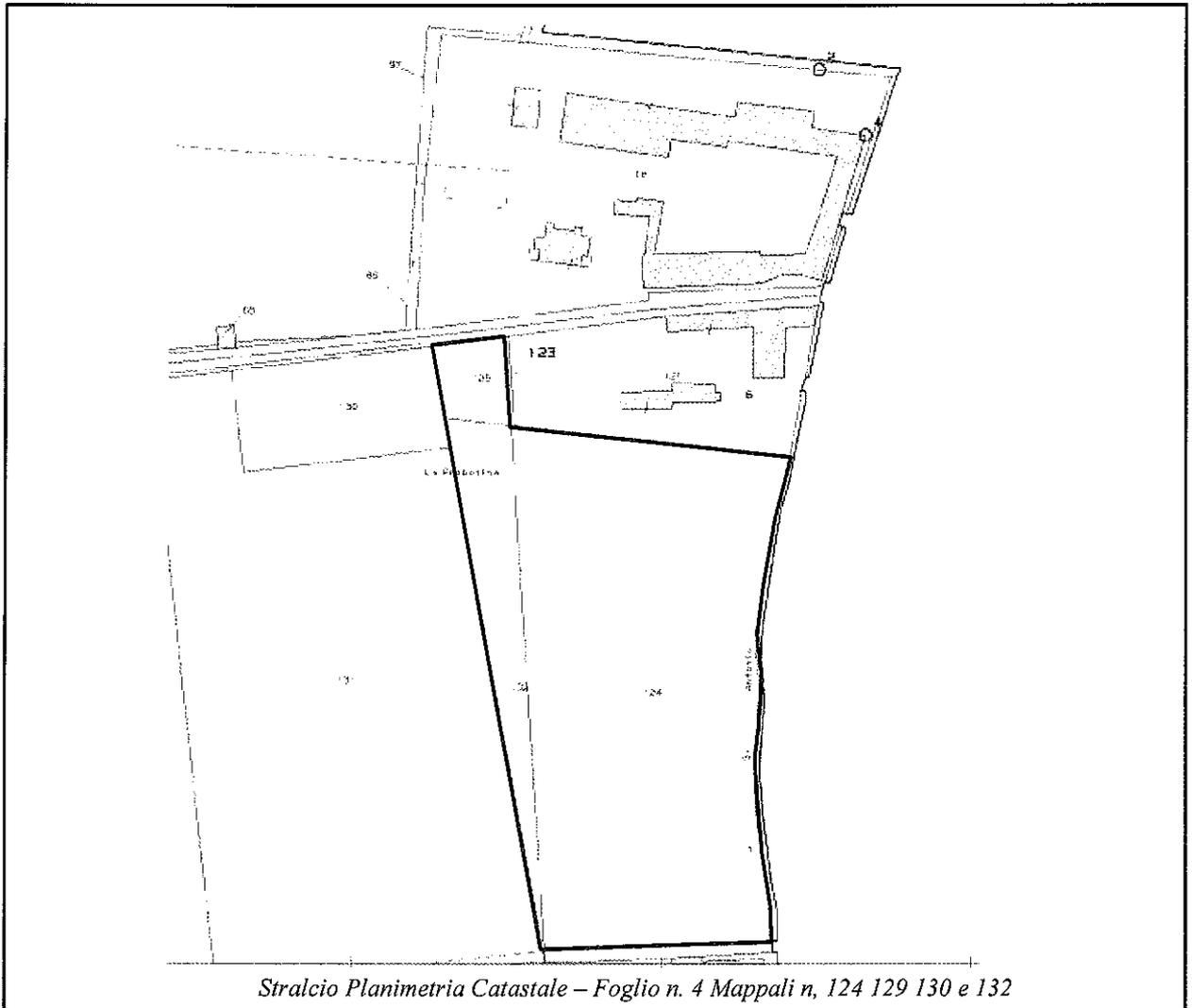


L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una nuova lottizzazione residenziale denominata "**Le Robinie**" con dimensioni pari a 15.255,09 mq. All'interno della quale verranno predisposti n. 13 lotti di futura edificazione aventi dimensioni variabili da 526 mq a 1.058 mq.(cfr "*Planimetria generale dell'area*" di seguito allegata).

Tale area è censita al Catasto Edilizio Urbano del **Comune di Gossolengo** al Foglio 4, Mappali **124 e 132**.

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it – pec: paolomancioppi@registerpec.it



Le indagini, eseguite in accordo con il DM 14/01/2008, sono state pertanto finalizzate alla definizione delle caratteristiche geologiche, sismiche, geotecniche generali del sito oggetto dell'intervento in progetto.

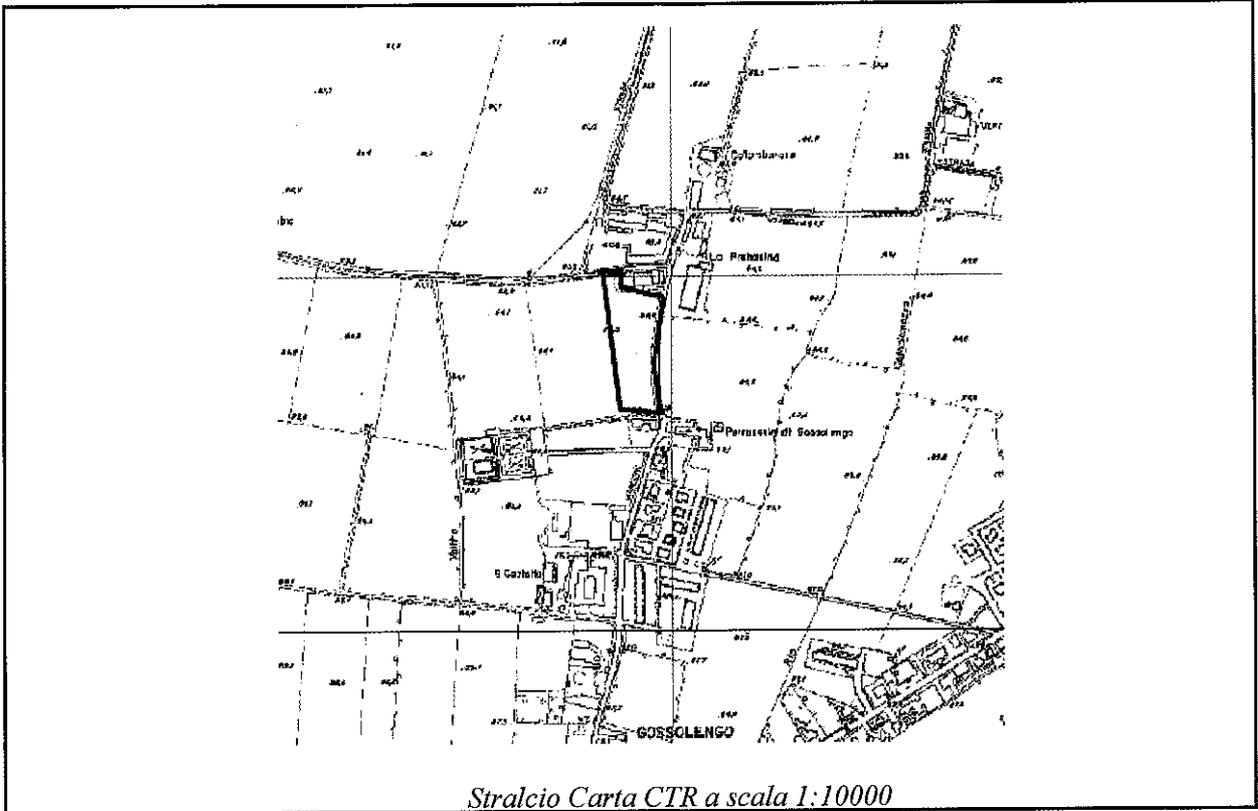
2.0 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 - Ubicazione

L'area in esame; essa si trova all'interno di del centro abitato di Gossolengo e si sviluppa lungo via Guglielmo Marconi (vedi "*Carta Inquadramento Territoriale*" scala 1:10000 allegata).

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it



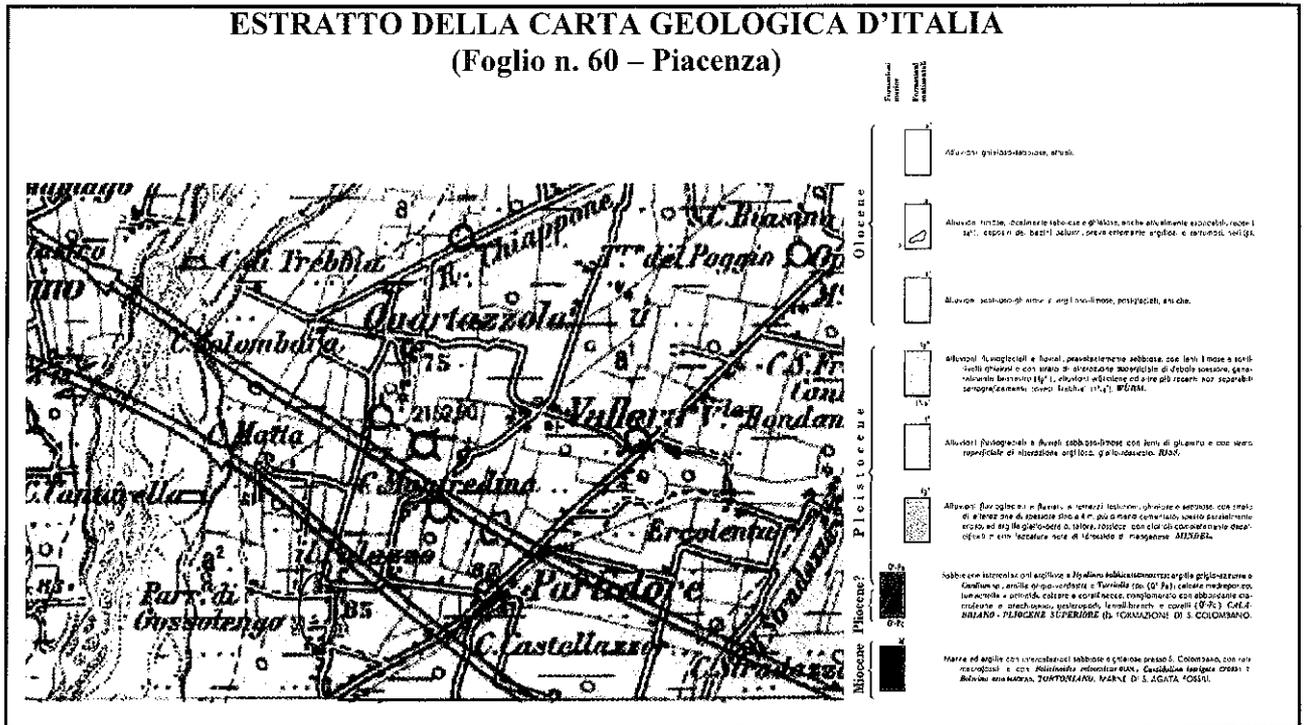
Stralcio Carta CTR a scala 1:10000

Tale area è ubicata nella porzione settentrionale del capoluogo comunale, è confinata a Nord e a Sud con edifici rurali e residenziali, ad Est si sviluppa la già citata via Marconi, mentre ad Ovest è presente area verde.

2.2 - Stato dei luoghi

L'area oggetto delle indagini geognostiche e sismiche, sulla quale si intende eseguire la lottizzazione di in progetto, si presenta perfettamente pianeggiante e posta alla medesima quota delle aree circostanti.

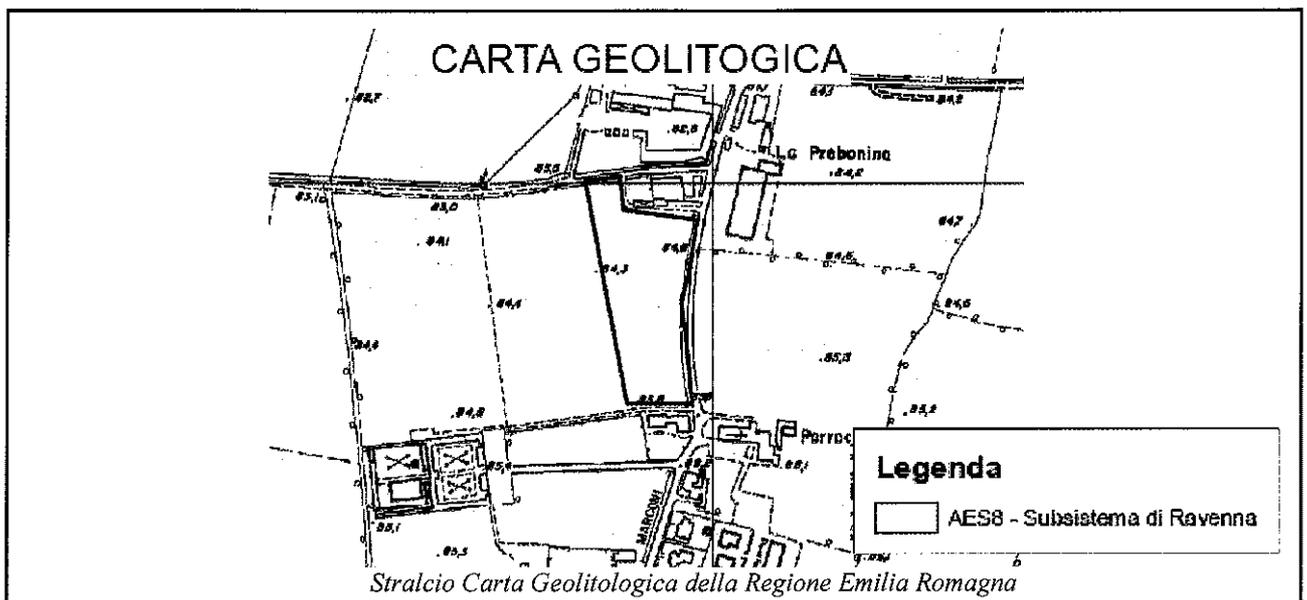
Essa risulta essere posta ad quota inferiore di circa 1.00 m. rispetto al piano stradale esistente di Via Marconi posto a circa ca 85.80 m. s.l.m. (vedi "Corografia" alla scala 1:5000 di seguito allegata).



Secondo la più recente Carta Geolitologica di pianura l'area in esame è caratterizzata in superficie da depositi ascrivibili all' "Subsistema di Ravenna – AES8".

Questi depositi sono costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati e di conoide ghiaiosa. Limi e limi sabbiosi: depositi di interconoide.

Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri.



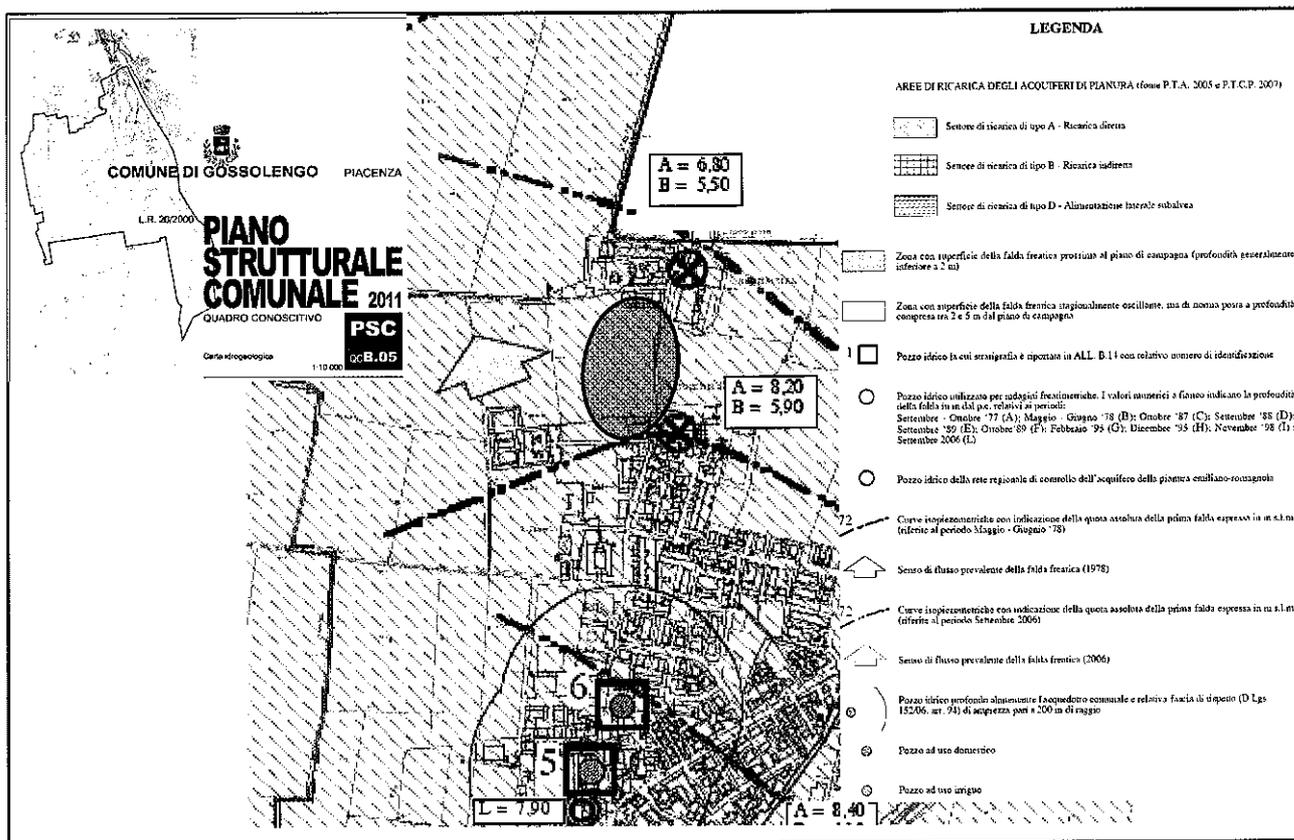
3.2 - Idrogeologia del sottosuolo

La zona in esame è caratterizzata da depositi prevalentemente argilloso-limosi e ghiaiosi in superficie che celano un sottosuolo costituito da ghiaie prevalenti, talora debolmente argillose, con intercalazioni limose.

Le indagini geognostiche eseguite dallo scrivente direttamente all'interno del sito d'intervento in data 02/04/2015 si sono rivelate completamente anidre.

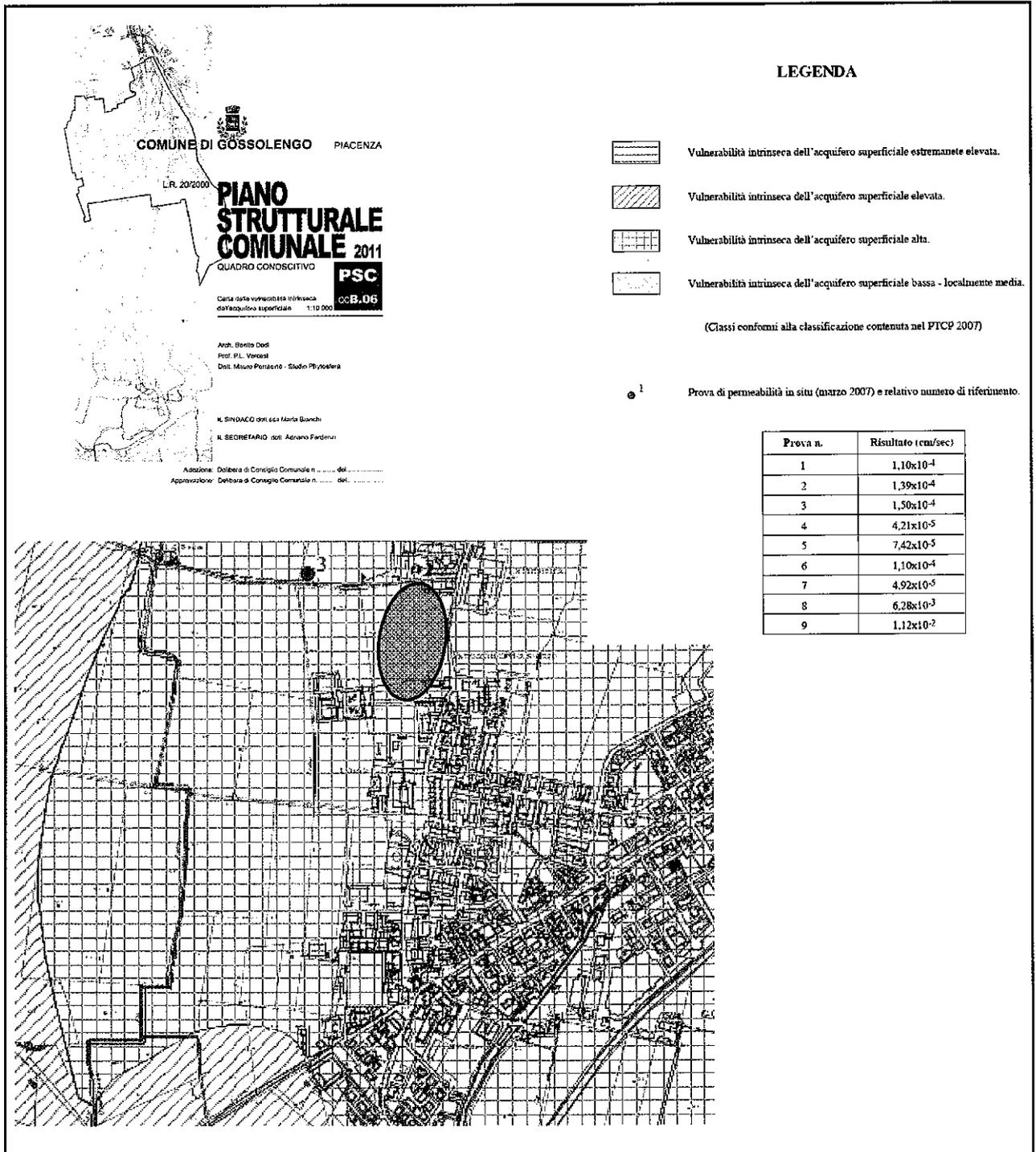
La locale falda freatica più profonda presenta una direzione di flusso prevalente verso Nord e Nord-Ovest in buona concordanza con la pendenza media della pianura e con la direzione dell'asta fluviale, ed il gradiente è prossimo all'1%.

Dalla carta piezometrica del PSC del Comune di Gossolengo a tergo allegata, il livello piezometrico nell'area in oggetto si attesta a circa -6,00/-8,00 m da p.c. cfr. "Carta Idrogeologica" alla scala 1:5.000 in allegato).



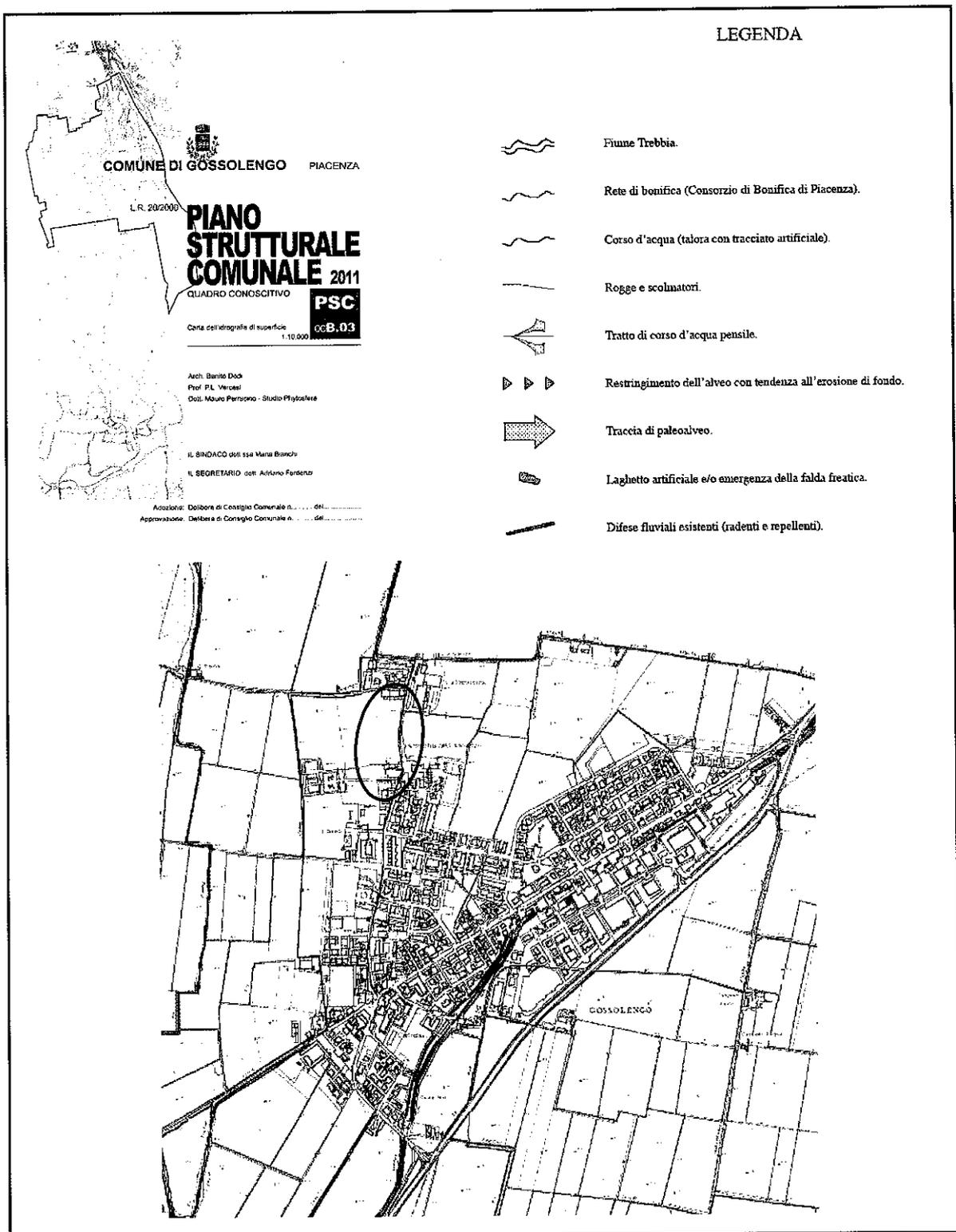
3.3 – Vulnerabilità intrinseca dell'Acquifero superficiale

Per quanto concerne la vulnerabilità superficiale dell'acquifero, la “Carta della Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale” allegata al PSC evidenzia un grado di vulnerabilità alta.



3.4 – Idrografia superficiale

Per quanto concerne l'idrografia superficiale, la “Carta dell'idrografia superficiale” allegata al PSC evidenzia la presenza di un canale lungo via Marconi facente parte della rete irrigua gestita dal Consorzio di Bonifica di Piacenza.

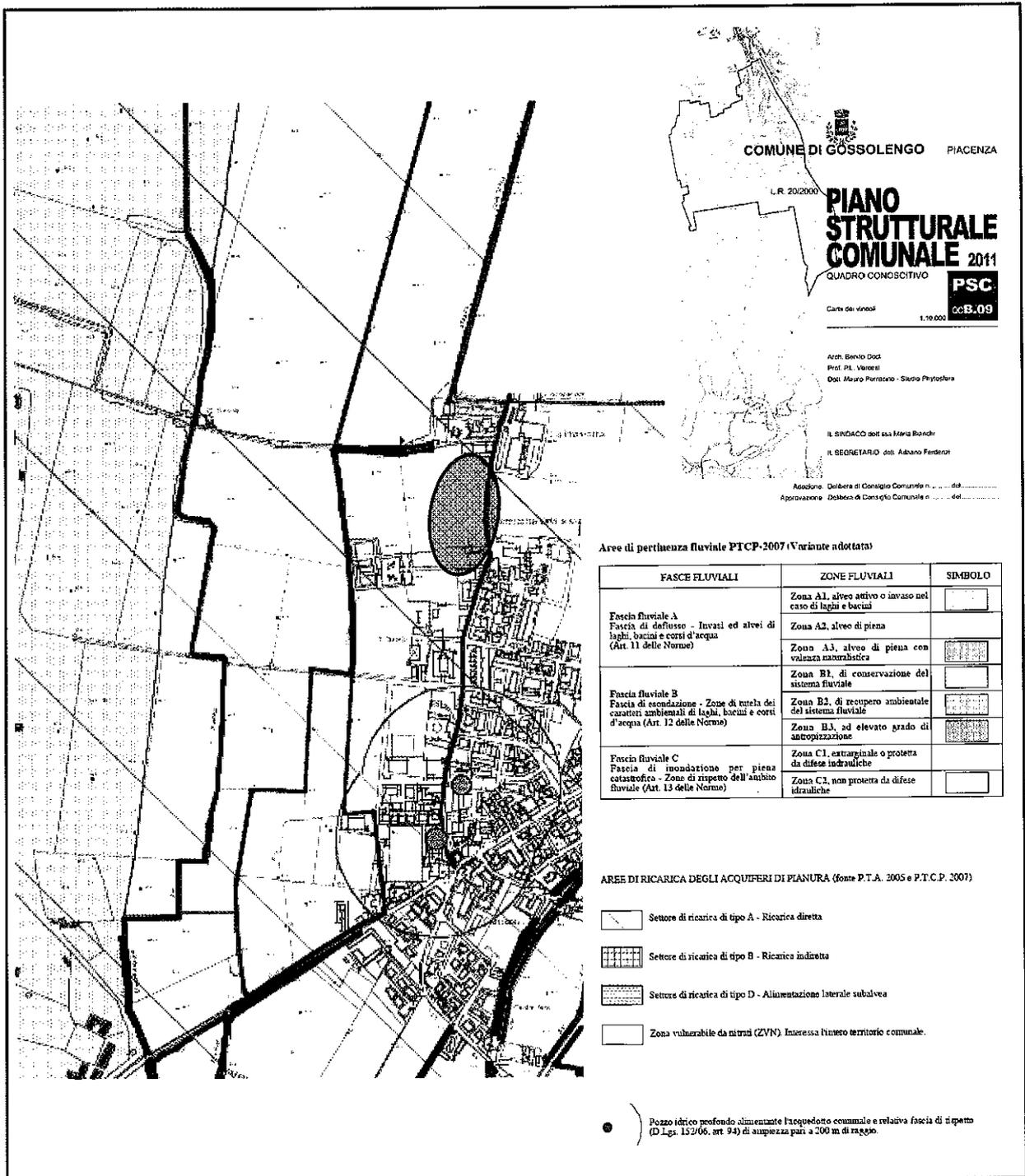


Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
 e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerec.it

3.5 – Piano di Tutela delle Acque – P.T.A.

Per quanto concerne il Piano di tutela delle acque della regione Emilia Romagna, la “Carta dei vincoli” allegata al PSC evidenzia per tutto il centro abitato di Gossolengo, la presenza del Settore A di ricarica diretta della falda.



4.0 – LA CLASSIFICAZIONE SISMICA NAZIONALE

Per effetto dell'entrata in vigore delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008) perde efficacia OPCM 3274; tuttavia, la delibera regionale 1677, ritiene comunque valida la classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna contenuta nell'Ordinanza stessa.

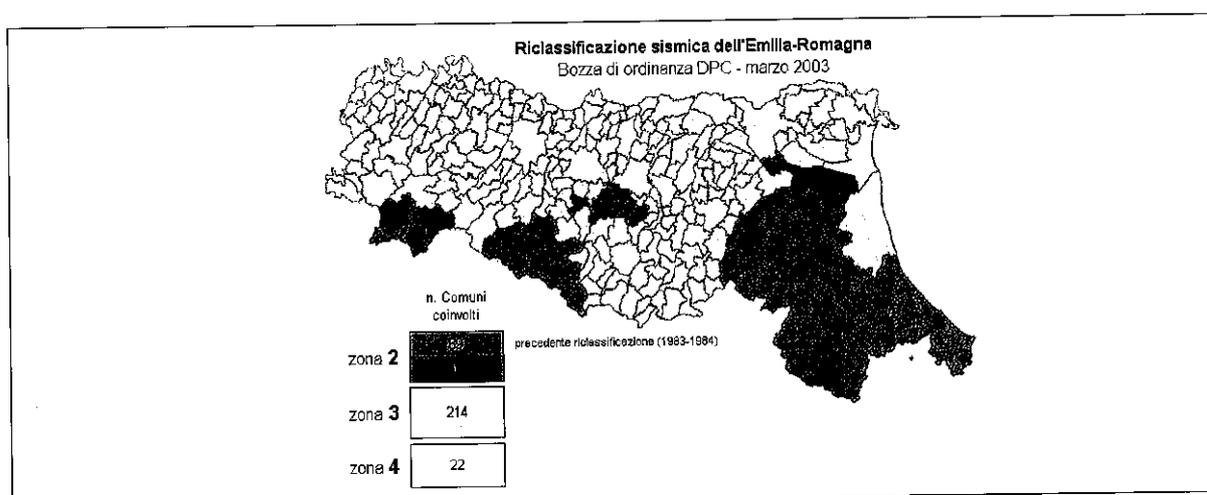
Il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA :

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Valori di PGA per le varie zone

la zonizzazione Regionale dell'Emilia Romagna prevede invece:

- 105 Comuni appartenenti alla Zona 2
- 214 Comuni appartenenti alla Zona 3
- 22 Comuni appartenenti alla Zona 4



Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna

4.1 - Sismicità del Comune di Gossolengo secondo l'Allegato B della DGR 1677 (allegato A dell'OPCM 3274 e s.m.i.)

Il territorio della provincia di Piacenza è suddiviso in 48 comuni:

- 30 Comuni appartenenti alla Zona 3
- 18 Comuni appartenenti alla Zona 4

Secondo la carta di macrozonazione della Regione Emilia Romagna (cfr. *Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna*), il **Comune di Gossolengo** appartiene alla **Zona 3** (Zona a sismicità bassa); L'accelerazione massima di riferimento, secondo la classificazione, raggiunge valori massimi di PGA pari a **0,05 g**.

Per quanto concerne l'area oggetto dell'intervento, la Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 indica per il **Comune di Gossolengo** il valore della accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per T=0. Essa è espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g e risulta essere pari a **0,097g**. (Rif. ALLEGATO A4 – Tabella 2 della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 – “*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione Territoriale ed Urbanistica*”).

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14.1.2008 hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare, l'azione sismica è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le nuove norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione dei tre parametri:

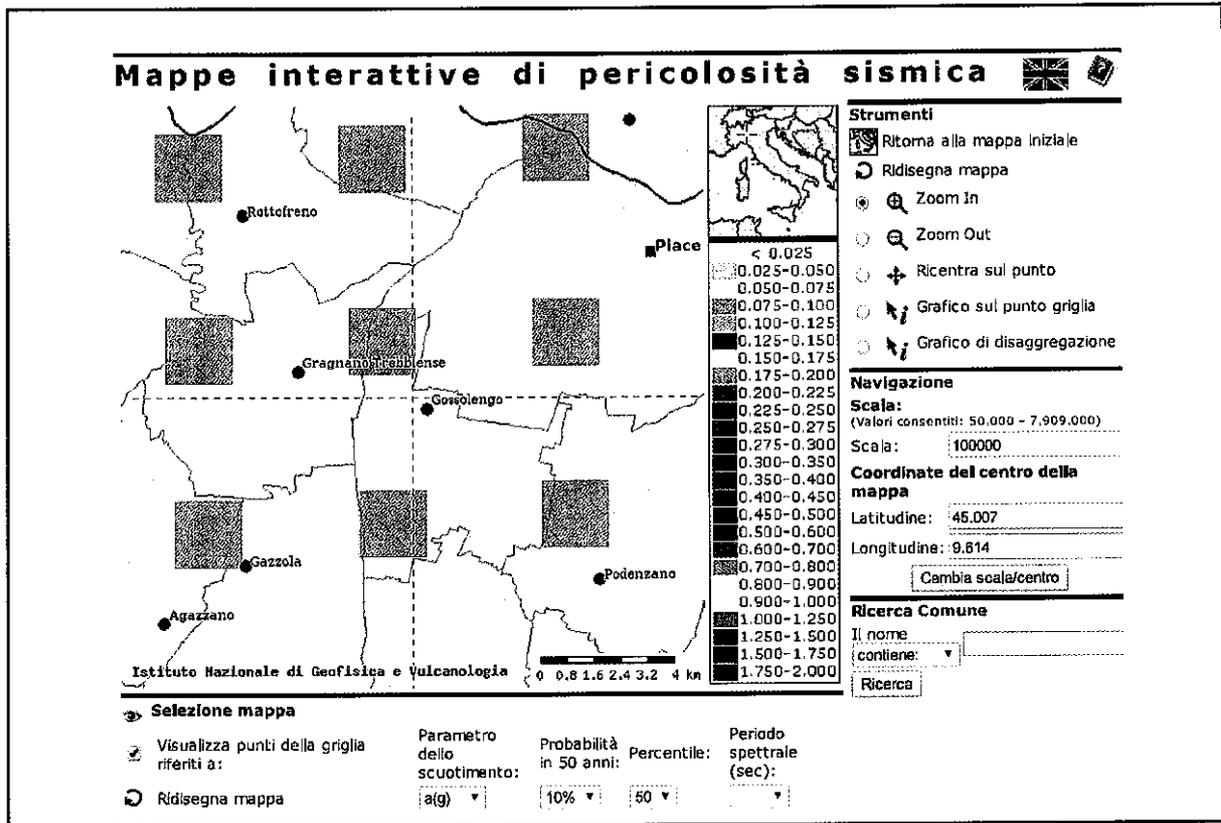
- ✓ a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- ✓ F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ T_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (cfr.: *Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 475 anni*), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it/>) e di seguito schematizzati.

Le coordinate di riferimento dell'area oggetto di intervento sono:

Latitudine **45,0067** Longitudine **9,6145**



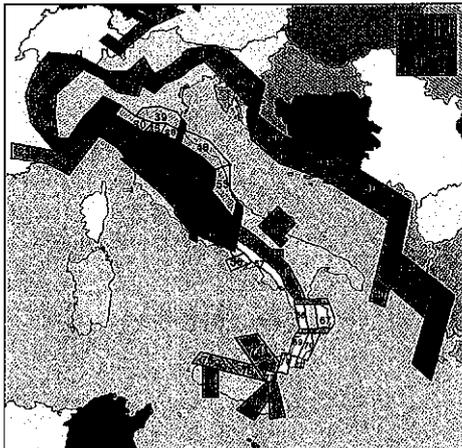
I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) riferiti all'area in oggetto sono esplicitati nella seguente tabella:

Stato limite	T_R (anni) (anni)	a_g (g) (g)	F_0 (-) (-)	T_c^* (s) (s)
Operatività SLO	30	0,329	2,53	0,21
Danno SLD	50	0,400	2,57	0,23
Salvaguardia vita SLV	475	0,968	2,51	0,29
Prevenzione collasso SLC	975	1,259	2,48	0,29

Valori dei parametri sismici a_g , F_0 , T_c^ secondo Tempi di ritorno T_R variabili*

4.2 – Cenni sulla sismicità storica del territorio padano nelle zone limitrofe al Comune di Gossolengo.

Dalla recente Zonizzazione sismogenetica ZS 4 il territorio comunale è ubicato nella zona ZS 26.



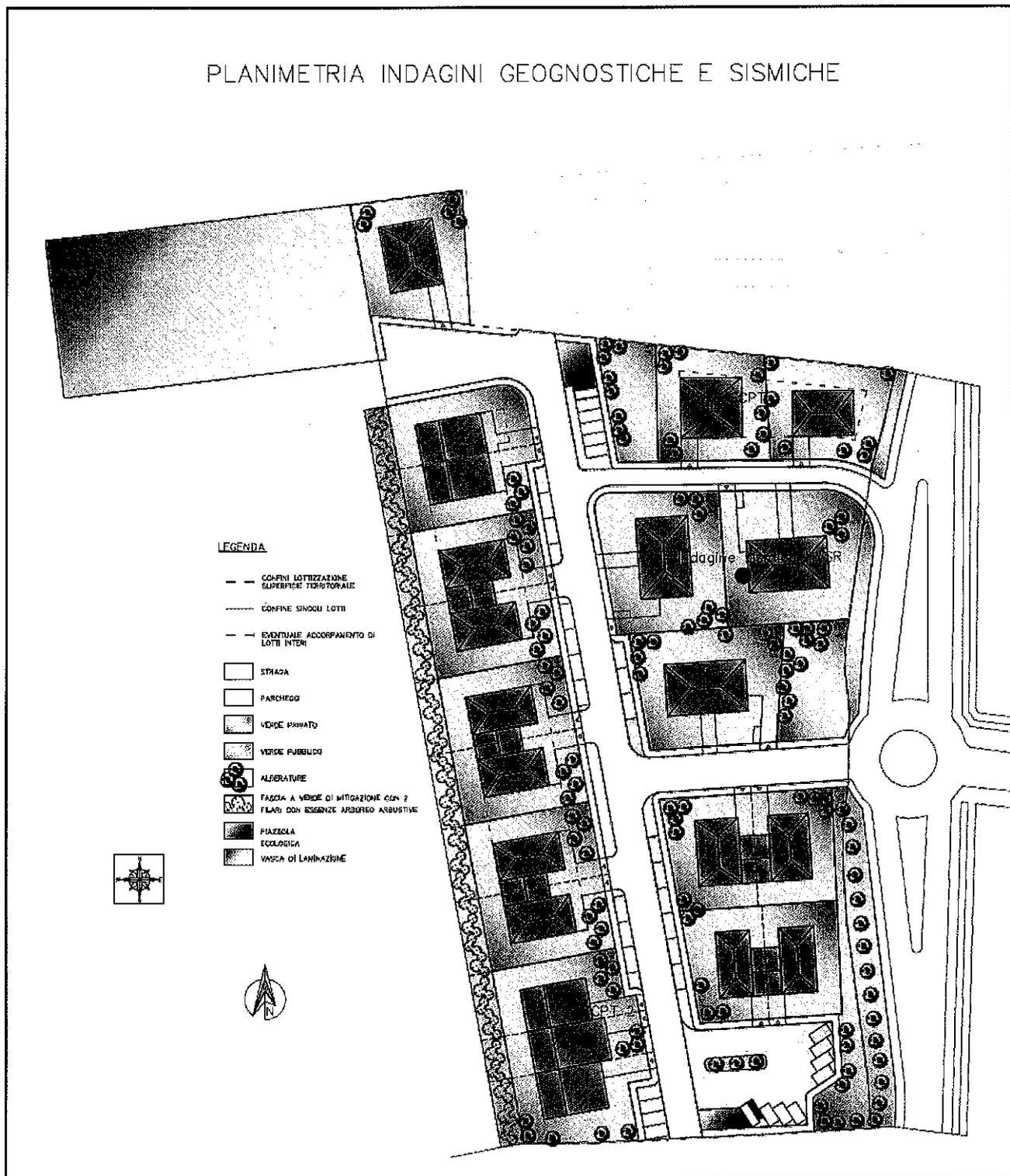
Dall'interrogazione del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" CPT04 (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999, 2004 - ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna, 1999) per un intorno significativo dell'area in esame (un raggio di 50 Km con centro lat. 45.0067 e long. 9.6145) sono stati identificati 19 eventi significativi dei quali si riportano alcuni dati nella tabella di seguito allegata, l'evento principale presenta una magnitudine equivalente pari a 5,67.

CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI																													
CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri																													
Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:																													
Area circolare con centro C (45.007, 9.614) e raggio 50 km																													
N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Sm	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Mw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Mep	Dop	ED9	TE	Ncft	Nnt	Nep
59	DI	1276	7	28	18	30		Italia settentr.	CPTI	10	55	60	M	45.08	9.55	A	5.11	0.12	4.71	0.18	4.91	0.17	9.11	G	119	516	1		
74	DI	1303	3	22	23			PIACENZA	DOM	1	55	55		45.052	9.693	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	9.11	G		517	1		
113	DI	1383	7	24	20			PARMA	DOM	7	55	55		48.058	9.915	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	9.11	A		597	11		
221	DI	1522	10	5	8			CREMONA	DOM	7	55	55		45.136	10.074	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19				2011	22		
511	DI	1738	11	5	30			PARMA	DOM	10	70	70		44.306	10.078	A	5.40	0.20	8.35	0.30	5.31	0.28	9.13	G		612	51		
647	DI	1786	4	7				PIACENZA	DOM	8	70	65		45.298	9.595	A	5.31	0.16	5.01	0.24	5.18	0.22	9.11	A		522	64		
694	DI	1902	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	CPTI	56	85	80		45.42	9.85	A	5.67	0.09	5.54	0.13	5.54	0.13	9.07	G	355	289	61		
776	DI	1828	10	9	2	20		Valle dello Staffora	CPTI	105	80	75		44.82	9.05	A	5.67	0.08	5.55	0.12	5.55	0.12	9.11	G	375	523	77		
780	DI	1829	9	6	19	30		CREMONA	DOM	2	65	65		45.136	10.074	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.90	0.45				2034	78		
1103	DI	1835	2	26	20	48		SCANDIANO	DOM	78	60	60		45.208	10.169	A	5.22	0.10	4.88	0.15	5.06	0.14				622	111		
1523	CP	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OSTO	POS85		59			44.9	9.633		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	9.11	G		525	152		
1664	CP	1918	1	13	12			LODI	POS85		49			45.493	9.5		4.88	0.14	4.34	0.21	4.56	0.19	9.11	A		2086	164		
1995	DI	1945	6	29	15	37	13	Valle dello Staffora	CPTI	31	75	75		44.83	9.13	A	5.15	0.11	4.78	0.17	4.97	0.18	9.11	G	509	927	191		
1996	DI	1945	12	15	5	27		VARZI	DOM	11	60	55		44.831	9.117	A	4.78	0.11	4.23	0.16	4.46	0.15	9.11	G		528	195		
1998	CP	1946	2	18	23			PIONE	POS85		60			44.6	9.6		4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	9.15	G		574	195		
2054	DI	1951	5	15	22	54		LODIGIANO	DOM	126	60	65		45.254	9.55	A	5.24	0.07	4.91	0.11	5.09	0.10	9.11	A		2113	205		
2339	CP	1974	4	15	21	49	12	PIONE	POS85		55			44.65	9.683		4.64	0.12	4.01	0.19	4.26	0.17	9.15	G		594	231		
2365	CP	1976	8	22	2	45	13	MAGGIORASCA	POS85					44.567	9.5		4.63	0.18	4.00	0.27	4.25	0.25	9.11	G		531	234		
2417	CP	1980	12	23	12	1	6	VERNASCA	POS85					44.917	9.85		5.03	0.18	4.60	0.27	4.90	0.25	9.13	G		643	241		

Numero di record estratti: 19

5.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di valutare la natura litostratigrafica e la consistenza geotecnica del sottosuolo dell'area oggetto del presente studio, sono state eseguite direttamente dallo scrivente in data 02/04/2015 n° 2 prove penetrometriche dinamiche SCPT (vedi "*Carta dell'ubicazione delle indagini geognostiche*" di seguito allegata).



Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioffi@inwind.it - pec: paolomancioffi@registerpec.it

Si è quindi proceduto all'esecuzione di N° 2 Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT utilizzando un PENETROMETRO PAGANI tipo TG63-200 le cui caratteristiche standard (a Norme A.G.I.) sono:

- lunghezza aste 1 m
- volata cm. 75
- peso del maglio Kg. 73
- peso totale aste 6.31 kg/m

Le dimensioni della punta/manicotto sono:

- area della punta conica $A_p = 20.43 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono = 90°



La prova penetrometrica statica SCPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno attraverso l'utilizzo di un maglio battente di 73 Kg con una volata di 75 cm.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di conteggio del numero di colpi necessari per un avanzamento di 30 cm. Nei diagrammi e Tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento).

I diagrammi penetrometrici riportati in allegato, anche confrontati con i dati derivanti da indagini eseguite nelle immediate vicinanze, hanno confermato il fatto di trovarci di fronte ad una buona omogeneità su tutta l'area, pertanto, le valutazioni ed i parametri geotecnici possono essere considerati attendibili (vedi diagrammi di seguito allegati).

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

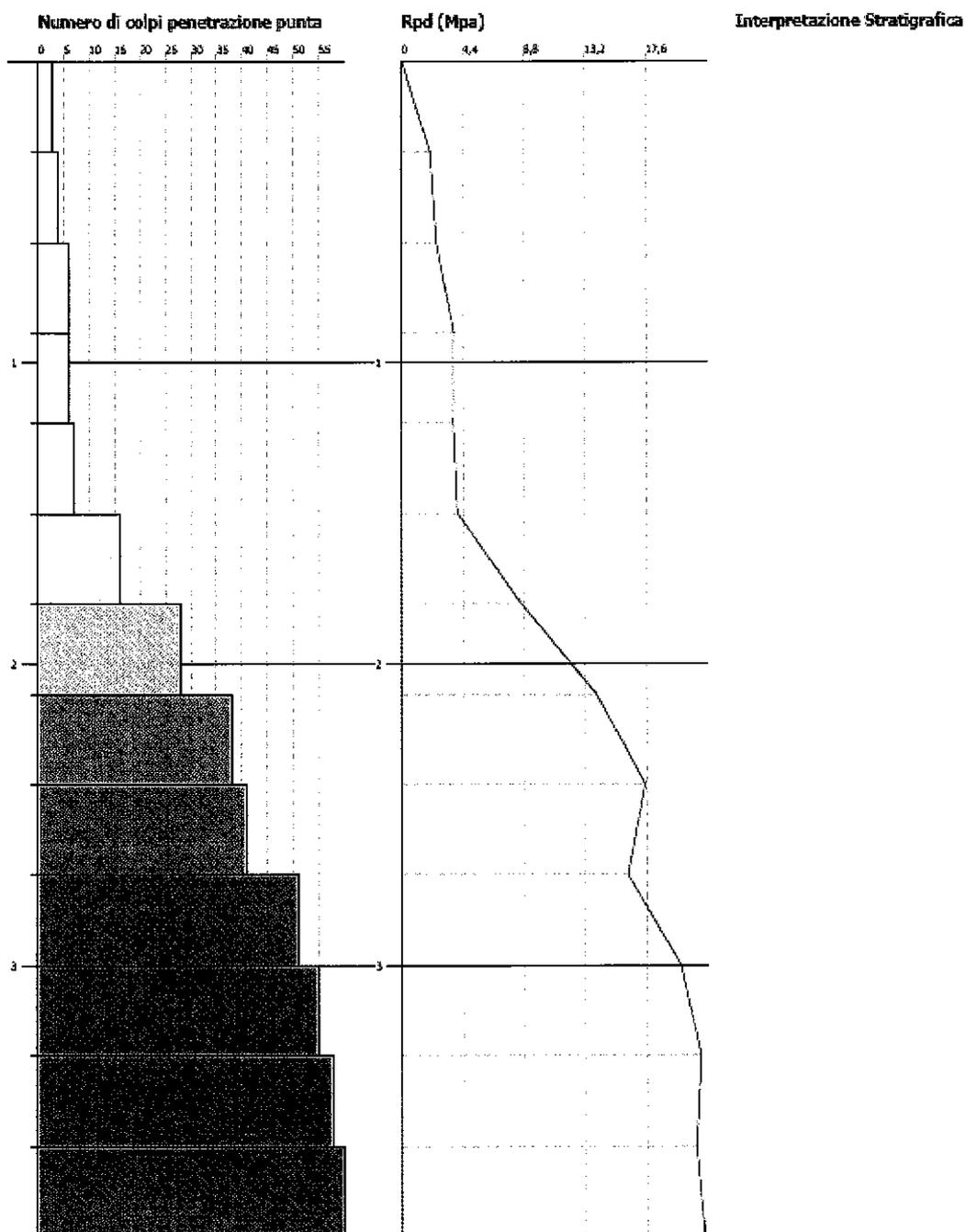
Dott. Mancioppi Paolo
Via D. Vitali 32 - 29121 Piacenza
Tel 0523452257 Cel.3358147227 - email: paolomancioppi@inwind.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N. 1 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : EMMEGI Srl
Cantiere : Lottizzazione Le Robinie
Località : Gossolengo (PC)

Data :02/04/2015

Scala 1:10



Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

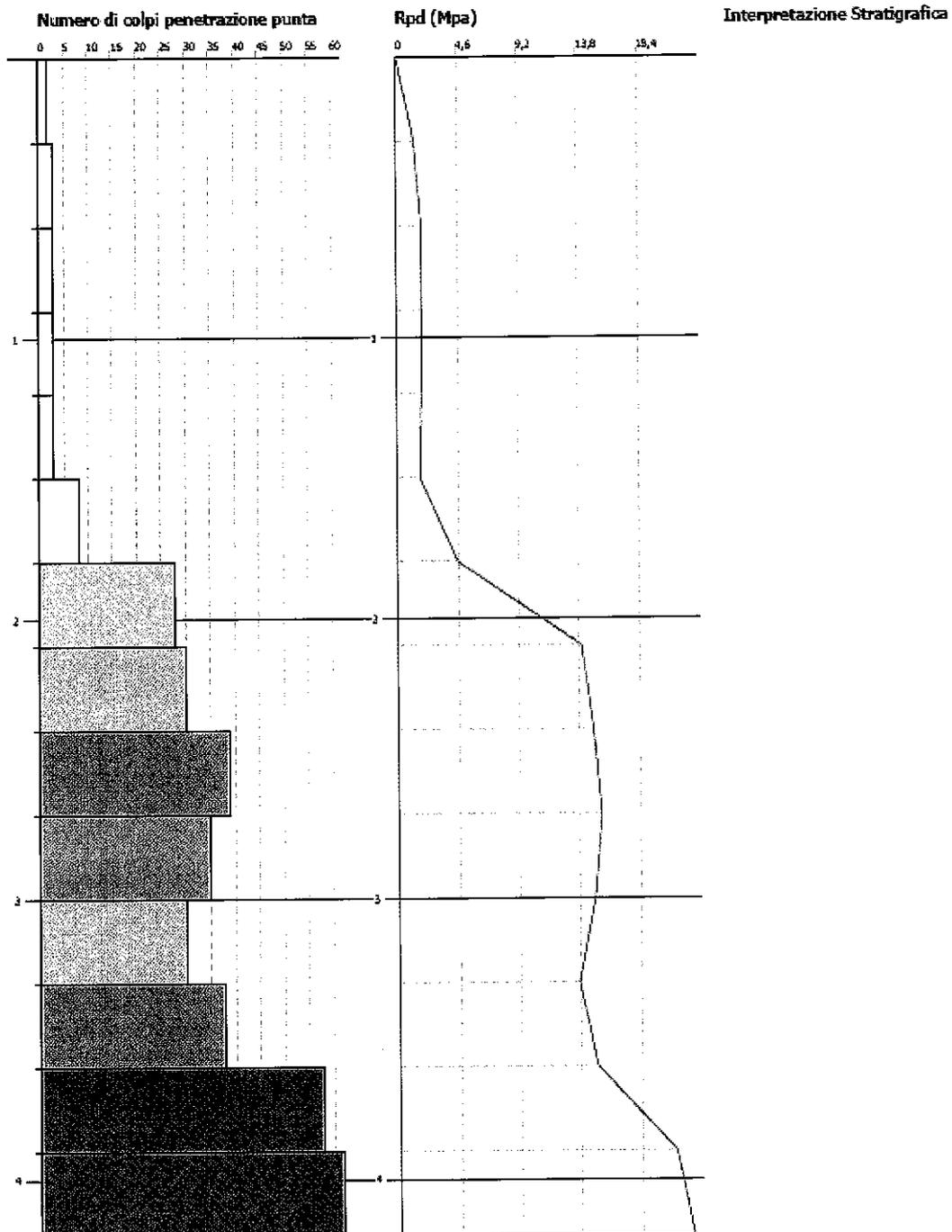
Dott. Mancioppi Paolo
Via D. Vitali 32 - 29121 Piacenza
Tel 0523452257 Cel.3358147227 - email: paolomancioppi@inwind.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 2 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : EMMEGI Srl
Cantiere : Lottizzazione Le Robinie
Località : Gossolengo (PC)

Data : 02/04/2015

Scala 1:20



Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it – pec: paolomancioppi@registerpec.it

5.1 - Stratigrafia e parametri geotecnici

I valori di resistenza penetrometrica sono stati elaborati tramite specifici programmi di calcolo, in grado di determinare i parametri geotecnici in base alle relazioni semiempiriche riconosciute.

Di seguito è riportata sinteticamente la stratigrafia tipo ricavata dall'analisi delle prove eseguite:

Stratigrafia tipo

- **Livello A:** da 0.00 m fino a circa 1,50 m di profondità e appare prevalentemente argilloso-limosa consistente in media presenta valori di N_{spt} compresi tra 3 e 8. I parametri riscontrati sono medi.
- **Livello B:** da -1,50 m fino a circa 4,00 m di profondità e appare prevalentemente ghiaioso-sabbioso; si osservano valori di N_{spt} comunque maggiori di 30-35. I parametri riscontrati sono buoni.

5.2 - Modello geotecnico

Alla luce delle caratteristiche del terreno presente nell'area oggetto di questo studio, considerati i risultati delle prove penetrometriche eseguite, sono stati individuati 2 orizzonti fino ad una profondità di circa 3,00 m dal p.c.

In linea con le prescrizioni della recente normativa (NTC 2008), ai fini della stima dei parametri geotecnici sono state utilizzate elaborazioni statistiche. In particolare, per i parametri di resistenza al taglio, è stato calcolato il valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione della media. Tale valore (5° percentile) è stato considerato il valore caratteristico, da utilizzare nei calcoli geotecnici.

Le elaborazioni effettuate hanno consentito di individuare i seguenti livelli a comportamento omogeneo:

LIVELLO A

Profondità: da -0.00 a - 1.50 m

Litologia: Deposito costituito da terreni prevalentemente argillosi a comportamento prevalentemente coesivo

Parametri geotecnici:

➤ Peso specifico (γ) = 19 KN/m³

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it – pec: paolomancioppi@registerpec.it

➤ Coesione in termini di sforzi totali ($Cu_{progetto}$) = 63,3 kPa

Valore caratteristico: $Cu_{caratteristico}$ = 89,4 kPa

LIVELLO B

Profondità: da -1.50 a – 4.00 m

Litologia: Deposito costituito da terreni prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi a comportamento prevalentemente incoerente

Parametri geotecnici:

➤ Peso specifico (γ) = 19.5 KN/m³

➤ Angolo di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci ($\varphi'_{progetto}$) = 30° (metodo di Cox)

Valore caratteristico: φ'_{caratt} = 35°

6.0 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO LOCALE

6.1 - Caratterizzazione sismica del sottosuolo

Le informazioni generali sulla struttura stratigrafica del sottosuolo dell'area oggetto d'intervento sono state desunte dalle indagini geofisiche effettuate dallo scrivente direttamente in sito e dall'analisi della documentazione sismica allegata al quadro conoscitivo del PSC del Comune di Gossolengo.

In questa fase è stato realizzato in data 02/04/2015 un rilievo sismico passivo con la tecnica tromografica (rif. *Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche* allegata al paragrafo 5.0). La strumentazione utilizzata è l'Echo-Tromo 3 che è un tromografo modulare a 24 bit e rappresenta una nuova ed ottimale modalità di registrazione micro-sismica unendo la facilità d'impiego alla affidabilità dei dati rilevati.

L'Echo-Tromo 3 è un tromografo ad elevata dinamica (24 bit) dotato di tre canali associati ai tre assi principali x-y-z a cui sono collegati tre geofoni interni.

Le frequenze utilizzabili hanno un range che va dai 50 Hz ai 400 Hz ed è dotato di un sistema di memorizzazione dati a 2 Gigabyte.

Il formato di registrazione fornisce dei file SAF (Sesame Ascii Format) e l'autonomia dello strumento permette a batterie completamente cariche registrazioni anche di 6 ore in continuo.

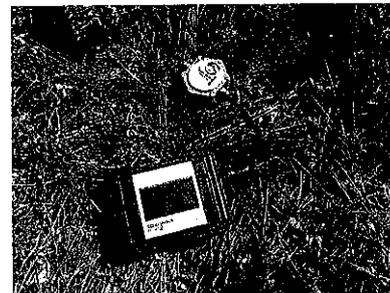
Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it – pec: paolomancioppi@registerpec.it

In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.

L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- Tromografo modulare Ambrogeo "Echo 3" a 24 Bit,
- Sensore a tre punte con bolla incorporata e denti smontabili,
- Cavo per la ricarica della batteria interna,
- Cavo USB per lo scarico dei dati acquisiti.
- Batteria ricaricabile 9,6 Volt,



6.2 - Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione.

Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata.

Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier.

Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia.

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it – pec: paolomancioppi@registerpec.it

Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone.

Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia.

Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico.

Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio.

Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

Dati generali

Riferimenti:

Committente: Emmegi S.r.l.

Cantiere: Lottizzazione Le Robinie

Località: Loc. Gossolengo (PC) – Via G. Marconi

Operatore: Mancioppi

Responsabile: Mancioppi

Data: 02/04/2015

Zona: III

Latitudine: 45,0067

Longitudine: 9,6145

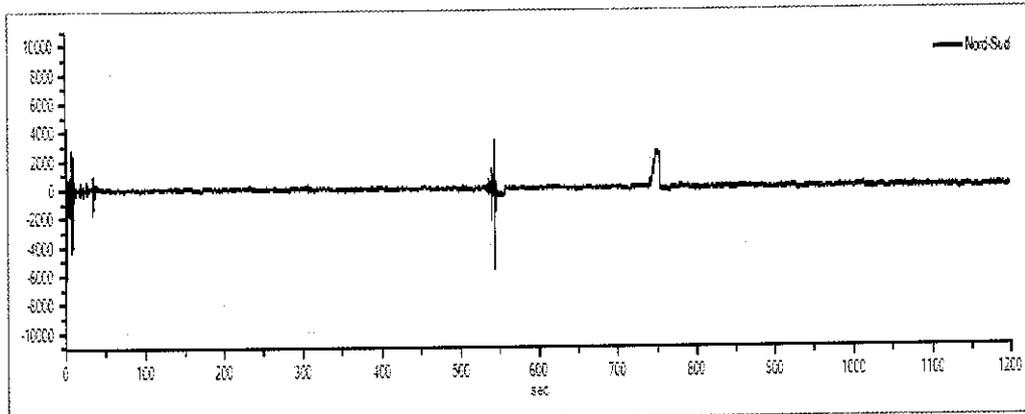
Tracce in input

Dati riepilogativi:

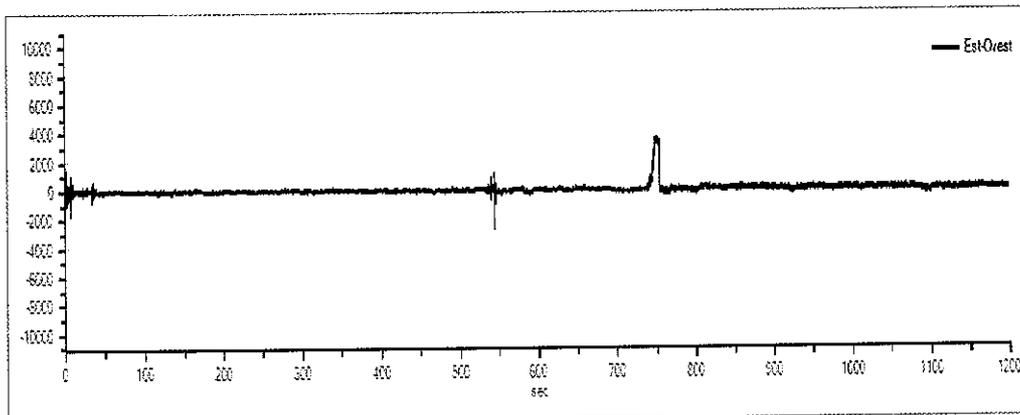
Numero tracce: 3

Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 141,00 Hz
Numero campioni: 169200
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

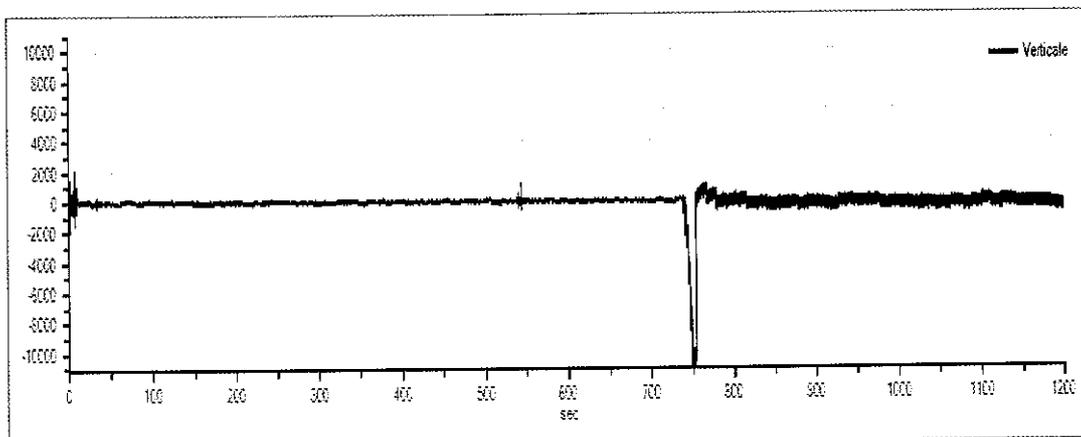
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud

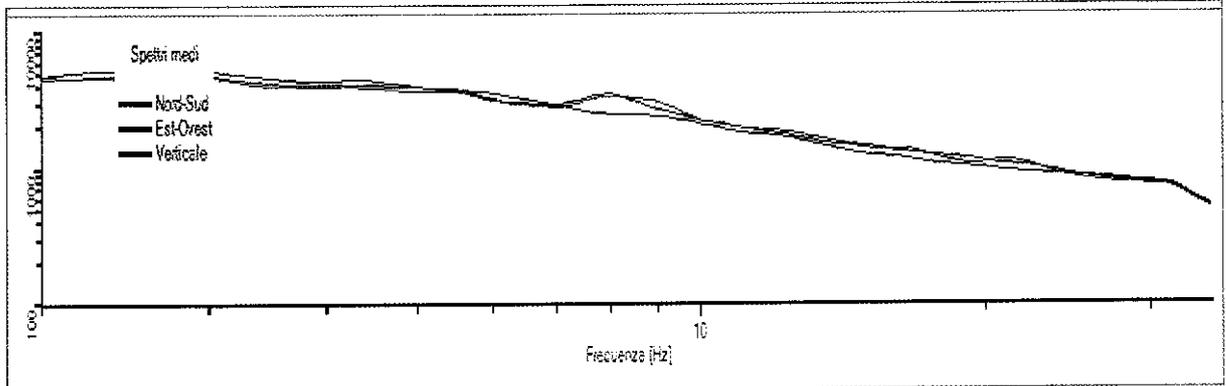


Traccia in direzione Est-Ovest

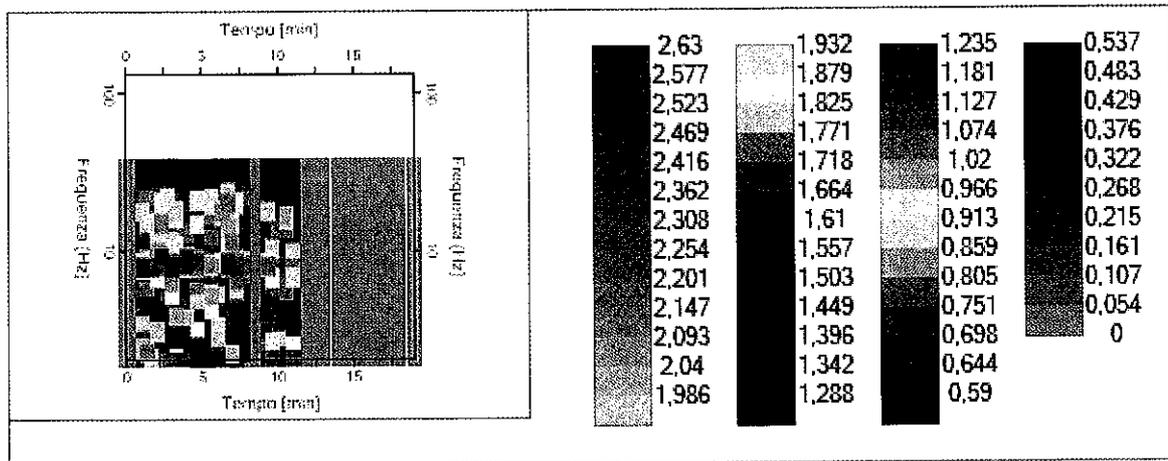


Traccia in direzione Verticale

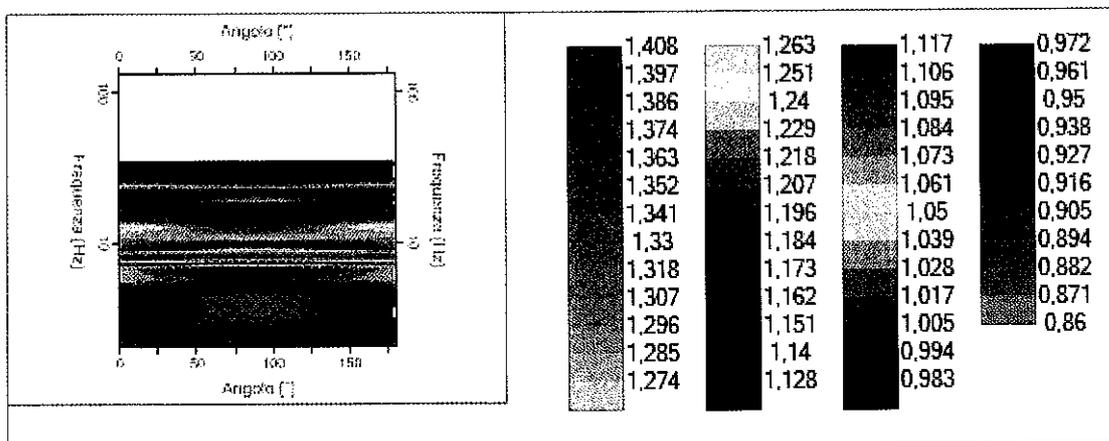
Grafici degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri



Rapporto spettrale H/V



Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

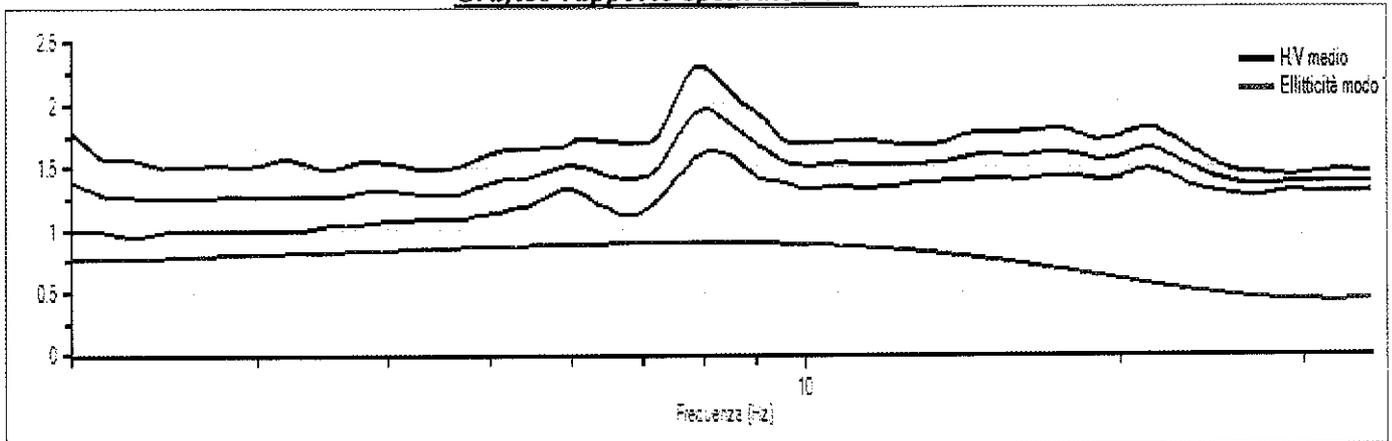
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 35,00 Hz
Frequenza minima: 2,00 Hz
Passo frequenze: 0,15 Hz
Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 8,00 Hz $\pm 0,18$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$.	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$.	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

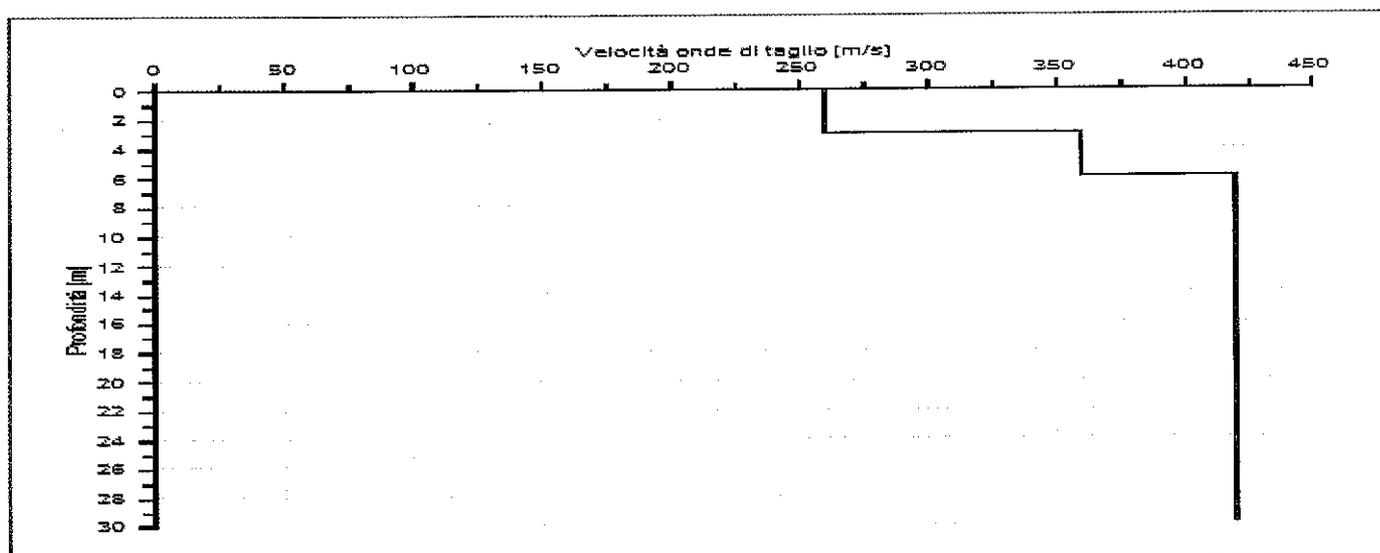
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 3
Frequenza del picco dell'ellitticità: 8,00 Hz
Valore di disadattamento: 0,26
Valore Vs30: **389,54 m/s**

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	3	18	0,49	260
2	3	3	19	0,35	360
3	6	24	19	0,3	420



Profilo delle velocità delle onde di taglio

6.3 – Definizione categoria di suolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 14.1.2008 definisce 5 categorie in cui suddividere i terreni d'impasto in base ai valori di velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione (VS30). In considerazione dei dati ottenuti dalle indagini geofisiche e dalla bibliografia esistente, l'area in esame, anche sulla base dall'analisi della stratigrafia di pozzo limitrofa all'area oggetto di studio, si può ipotizzare che appartenga, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008, alla **classe di sottosuolo B**.

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it – pec: paolomancioppi@registerpec.it

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		V ₃₀ (m/s)	N _{SPT}	C _u (kPa)
A	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di V ₃₀ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
B	<u>Rocce tenere e da grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	15-50	70-250
D	<u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	<u>Terreni dai sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con Vs>800 m/s).			
S1	<u>Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero 10<C_{u,30}<20 kPa)</u> che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche			
S2	<u>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti</u>			

Tabella 2: categorie di suolo di fondazione (D.M. 14.01.2008).

6.4 – Analisi della risposta sismica locale: II° livello di approfondimento

La pianificazione territoriale prevede che il raggiungimento della seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la microzonazione sismica del territorio indagato.

Il secondo livello di approfondimento (analisi semplificata) è richiesto e ritenuto sufficiente, per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato, nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$, in cui il deposito ha spessore costante. Tale analisi ha lo scopo di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale per l'elaborazione della carta di microzonazione.

Oltre ai contenuti degli elaborati previsti nella prima fase, sono stati prodotti i coefficienti di amplificazione sismica per l'area in oggetto ottenuti impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (A2.1 e A2.2) in riferimento alla *Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007* che permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

In base a quanto stabilito dalla *Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007*, per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

semplificata devono essere realizzate indagini geotecniche che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura e della profondità del bedrock (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) del deposito di copertura secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{sH} = H / \sum(h_i / V_{s_i})$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del bedrock

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino al bedrock)

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al *bedrock*)

$$V_{s30} = 30 / \sum(h_i / V_{s_i})$$

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m)

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m)

I Fattori di Amplificazione (F.A.) sono riferiti al suolo A come previsto dall'Eurocodice 8, parte 1, e dal D.M. 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni". Nel II livello di approfondimento è richiesta anche la valutazione degli effetti topografici, secondo quanto indicato nell'Allegato A2, punto A2.2 in riferimento alla Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 - oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007.

Nelle aree in cui, dalle indagini di prima fase, risulta la presenza di caratteri predisponenti alla liquefazione, è richiesta anche una prima valutazione della possibilità di occorrenza di tale fenomeno.

6.5 - Valutazione del Fattore di Amplificazione (F.A.)

Le indagini simiche eseguite direttamente in sito nell'area di studio in data 02/04/2015, hanno permesso di valutare la V_{s30} con un valore pari a **389 m/s**. Considerati i dati della tabella di riferimento sono stati associati, cautelativamente, i valori di F.A. corrispondenti alla $V_{s30} = 350$ m/s. Nella seguente tabella sono evidenziati in arancione i valori di F.A. riscontrati nelle aree:

F.A. P.G.A.										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0	1.0

Tabelle da utilizzare in ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche di decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c.) (PIANURA 2).

6.6 – Valutazione del fenomeno di liquefazione

La liquefazione dei terreni risulta essere un fenomeno legato all'azione sismica nel suolo ed interessa principalmente i depositi sabbiosi saturi d'acqua. Tale fenomeno dipende dalle seguenti caratteristiche:

- proprietà geotecniche dei terreni
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata
- genesi e storia geologica dei terreni
- fattori ambientali

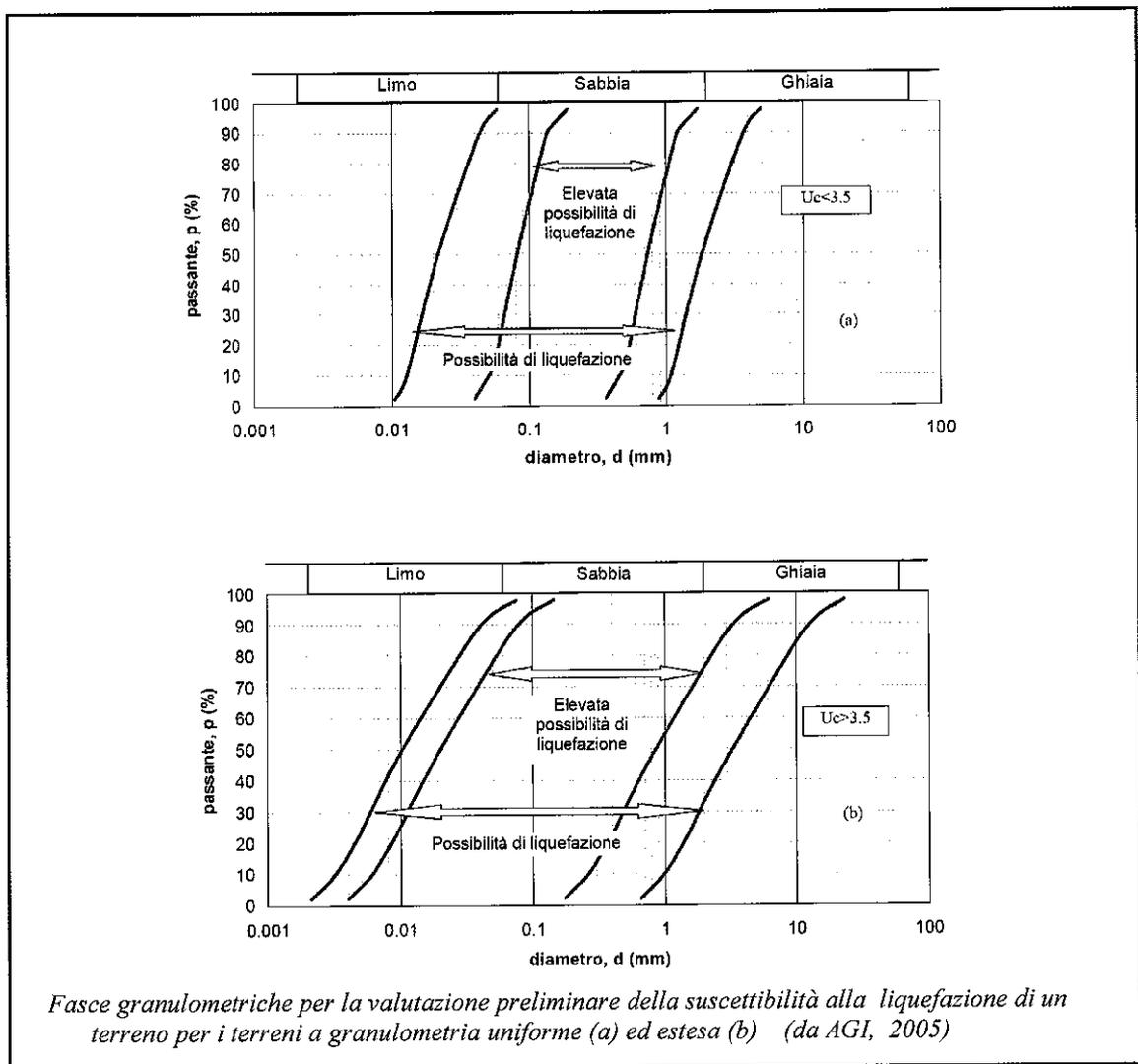
Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di **0.1g**;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di **0.15g** e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - Frazione di fine, FC , superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: $(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$ in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione $C_N = (p_a / \sigma'_v)^{0.5}$ essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.

1. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 12 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 12 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.
2. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dai piano campagna.



Per quanto riguarda l'area in esame si può escludere la probabilità che si verifichino fenomeni di liquefazione, in quanto l'accelerazione massima attesa in superficie per il Comune di Gossolengo è pari a 0.097g inferiore al valore di riferimento indicato dalla Regione Emilia Romagna e pari a 0,1g al di sotto del quale si possono escludere fenomeni di liquefazione (v. Allegato 4, Tab.2 della Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007).

7.0 – VALUTAZIONI PRELIMINARI DEL SISTEMA GEOTECNICO

7.1 - Vita nominale dell'opera, periodo di ritorno dell'azione sismica e pericolosità Sismica

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al

quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I dell'allegato A delle NTC 2008 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Parametri per il calcolo della vita nominale da NTC 2008

Nel nostro caso si assumerà, per tipo di costruzione 2, un valore di V_N pari a **50 anni**.

7.2 - Classe d'uso

In presenza di Azioni Sismiche, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso da NTC 2008

Nel nostro caso si considera una **classe d'uso II** e di conseguenza un coefficiente $C_U = 1,00$.

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

7.3 - Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

In relazione alla destinazione d'uso prevista, per determinare il tempo di ritorno sono stati quindi considerati i seguenti parametri delle opere in progetto quali:

- Tipo di costruzione: "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"
- Classe d'uso I: "Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli"

Da questi due parametri si ottiene il periodo di riferimento della costruzione che è dato da:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 0,10 = 50 \text{ anni.}$$

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{vR} associate a ciascuno degli stati limite considerati

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e V_R P_{vR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{vR})}$$

Qualora la attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno T_R 1 corrispondente alla V_R e alla P_{vR} fissate, il valore del generico parametro p (a_g, F_0, T^*c) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato;
- TR1, TR2 sono i periodi di ritorno più prossimi a TR per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

I valori dei parametri ag , F_0 , T^*c relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'Allegato B delle NTC.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento P_{Vr} al variare dello stato limite considerato da NTC 2008

Nel caso in esame, considerando lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)** e quindi una probabilità di superamento nel periodo di riferimento della vita dell'edificio (50 anni) pari al 10%, occorre considerare **un tempo di ritorno dell'evento sismico di 475 anni**.

Ai fini della definizione dell'Azione Sismica di progetto occorre valutare gli effetti che le condizioni stratigrafiche locali hanno sulla Risposta Sismica Locale.

Il suolo di fondazione dell'area di studio ricade come già detto nella **categoria di tipo B**.

Per la determinazione dell'azione sismica locale occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Probabilità di superamento P_{Vr} al variare dello stato limite considerato da NTC 2008

Trattandosi di zona pianeggiante, l'area in esame ricade nella categoria **T1**, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

Dal punto di vista progettuale, lo spettro di risposta elastico in accelerazione riveste particolare importanza nella definizione delle Azioni Sismiche da adottare. Esso viene riferito ad uno smorzamento convenzionale pari al 5% e la sua forma spettrale dipende dai fattori precedentemente citati (pericolosità di base a_g , stratigrafia, topografia, probabilità di superamento nel periodo di riferimento riferiti agli stati limite di progetto). Con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita, **$T_r = 475$ anni**, di seguito vengono riportati gli spettri di risposta corrispondenti alla componente orizzontale e verticale dell'accelerazione in superficie.

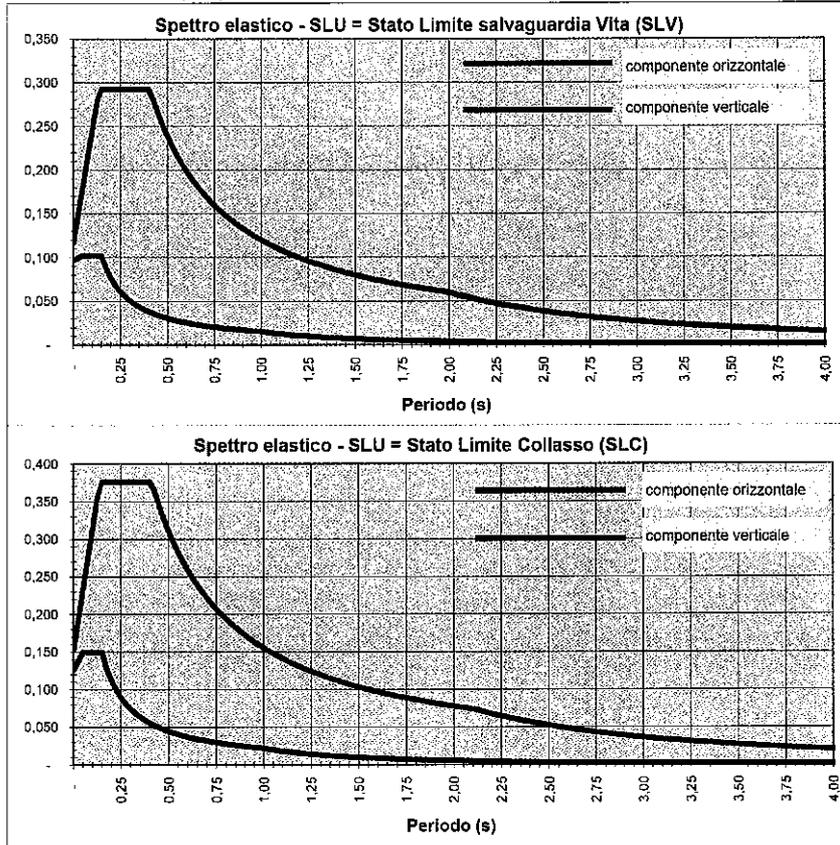
Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)
Tr = 975 anni (SLC)

Spettro normalizzato S_d/g (accelerazione/gravità)



Spettri di risposta relativi alle componenti orizzontale (linea rossa) e verticale (linea blu) dell'accelerazione in superficie per l'area di studio riferiti a SLV e SLC.

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

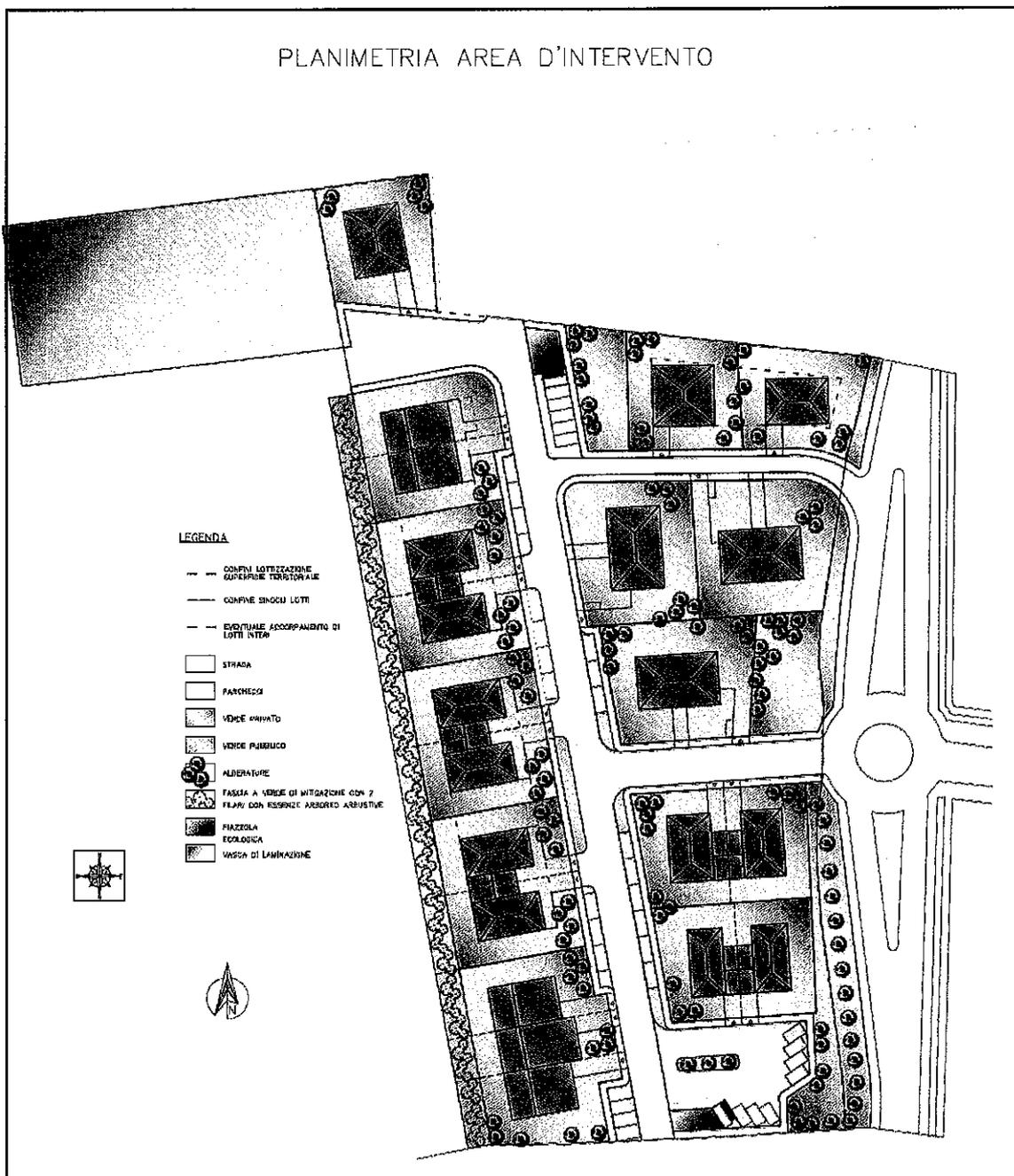
Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227

e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

8.0 – OPERE IN PROGETTO

Il progetto, come già precedentemente affermato, prevede la realizzazione di una lottizzazione denominata “Le Robinie” con una superficie territoriale pari a mq. 15.255,09 e costituita da n° 13 lotti ad uso residenziale; i lotti prevedono indicativamente la seguente superficie (Vedi “Planimetria Generale Area d’intervento”):

- Lotto A: 550,17 mq. ; Lotto B: 526,44 mq.; Lotto C: 744,91 mq.; Lotto D: 793,70 mq.;
- Lotto E: 744,99 mq.; Lotto F: 838,26 mq.; Lotto G: 762,03 mq.; Lotto H: 1058,30 mq.;
- Lotto I: 839,20 mq.; Lotto L: 839,65 mq.; Lotto M: 840,04 mq.; Lotto N: 763,88 mq.;
- Lotto O: 584,84 mq.



Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it



Documentazione fotografica della Lottizzazione "Le Robinie"

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Nel caso in esame, in relazione al tipo di opera ed essendo il terreno pianeggiante non è possibile la rottura globale. Sono quindi effettuate di seguito le Verifiche agli stati limite ultimi per il collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

Il Progettista, in relazione alla geometria definitiva delle fondazioni, dovrà inoltre effettuare le Verifiche agli stati limite ultimi per scorrimento sul piano di posa.

Come emerge dai risultati dell'indagine geognostica eseguita, il terreno in esame è costituito da alternanze di materiale di natura limosa-argillosa a natura ghiaio-sabbio-limoso fino allo spessore di circa 1.50 m. Al di sotto di esso sono presenti ghiaie-sabbiose sino alle profondità investigate. Ai sensi delle indicazioni del DM 14.1.2008, il calcolo della capacità portante del complesso terreno-fondazione, in relazione alla stratigrafia riscontrata, è stata calcolata sia in condizioni non drenate che in condizioni drenate, ipotizzando di intestare le fondazioni nel livello più superficiale.

8.2 - Calcolo del Carico Limite e della Resistenza del Sistema Geotecnico "Rd"

In questo capitolo sarà illustrato il calcolo preliminare del Carico Limite e del parametro Rd che è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 prevedono per la verifica geotecnica il calcolo del valore di Ed che è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e di Rd che come già accennato rappresenta la resistenza del sistema geotecnico.

In questo elaborato, in mancanza di indicazioni sulle azioni ed i carichi applicati alle fondazioni, verrà valutato solo il parametro Rd in base alle evidenze emerse dalle indagini geotecniche svolte.

Sarà compito del progettista verificare, in base alle azioni, ai carichi previsti ed al conseguente calcolo di Ed, che sia soddisfatta l'equazione:

$$Ed \leq Rd$$

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

Utilizzando il Software LOADCAP (Geostru s.r.l.) sono stati calcolati i Carichi limite e i valori di R_d utilizzando sia l' **Approccio 1 GEO** (A2+M2+R2) che l' **Approccio 2** (A1+M1+R3) ed i seguenti metodi di calcolo:

- Hansen (1970)
- Terzaghi (1955)
- Meyerhoff (1963)
- Vesic (1975)
- Bric-Hansen (1970)

DATI GENERALI

Azione sismica NTC 2008	
Lat./ Long. [WGS84]	45,0067/9,6145
Larghezza fondazione	1,0 m
Lunghezza fondazione	10,0 m
Profondità piano di posa	3,6 m

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,116
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0,25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0,0233
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0,0973

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe II
Vita nominale: 50,0 [anni]
Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,32	2,53	0,21
S.L.D.	50,0	0,39	2,57	0,23
S.L.V.	475,0	0,95	2,51	0,29
S.L.C.	975,0	1,24	2,48	0,29

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227
 e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,384	0,2	0,0078	0,0039
S.L.D.	0,468	0,2	0,0095	0,0048
S.L.V.	1,14	0,2	0,0233	0,0116
S.L.C.	1,488	0,24	0,0364	0,0182

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito;
 Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey:
 Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione
 secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m ³]	Gams [kN/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m ²]	c Corr. [kN/m ²]	cu [kN/m ²]	Ey [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
1,0	19,61	21,57	22,0	22	0,0	0,0	89,4	4500,0	4903,33	0,0	0,005	0,004
5,0	19,12	20,59	35,0	35	0,0	0,0	300,0	49033,25	0,0	0,0	0,0	0,0

APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
4	No	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1

Condizioni drenate CD**Condizioni non drenate CU**

Combinazione	SISMA	A2+M2+R2
Autore	TERZAGHI (1955)	TERZAGHI (1955)
Carico limite	1545,07 kN/m ²	1296,53 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	858,37 kN/m ²	720,03 kN/m ²
Costante di Winkler	61802,77 kN/m ³	51861,3 kN/m ³

9.0 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A seguito delle osservazioni compiute, in conformità alle norme vigenti, sulla base delle caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, si è potuto evidenziare come le caratteristiche dell'area siano compatibili con l'edificazione; dalle osservazioni prima riportate si evince che:

- ✓ da misure eseguite nelle zone limitrofe e nel corso delle indagini geognostiche eseguite direttamente in sito in data 02/04/2015 è stato evidenziato che la falda non dovrebbe creare problemi durante l'eventuale fase di realizzazione delle nuove fondazioni; in ogni caso sarà necessario segnalare tempestivamente l'eventuale presenza di possibili ancorchè sporadiche falde sospese che dovessero essere intercettate nel corso degli scavi. In questo caso dovranno essere eseguiti tutte le modifiche progettuali del caso al fine di evitare contatti fra la struttura e le emergenze idriche rinvenute.
- ✓ Sarà peraltro necessario verificare direttamente durante gli scavi la reale potenza di tali orizzonti litologici, per valutare differenze litologiche entro l'area indagata. Si dovrà di norma utilizzare il valore di portanza massimo indicato in relazione, anche se, vista la litologia osservata, si dovranno essere preliminarmente stimati gli eventuali cedimenti differenziali in relazione ai carichi trasmessi alle fondazioni e all'effettivo dimensionamento delle stesse (in fase di progetto esecutivo), per valutare se i valori riscontrati siano assorbiti senza problemi dalla struttura. Infatti la presenza di un substrato compressibile disomogeneo potrebbe ingenerare fenomeni di cedimento differenziale elevati, soprattutto se si superano i Carichi Ammissibili delineati dalle elaborazioni precedenti.
- ✓ Tenuto conto delle necessità progettuali e delle condizioni litologiche e freatiche esistenti si potranno adottare fondazione di tipo superficiale, sulla base delle reali sollecitazioni trasmesse e dell'opportunità di garantire un cedimento molto limitato. Il calcolo della capacità portante ammissibile in condizioni sismiche e la relativa verifica delle strutture di fondazione alle azioni dinamiche, è strettamente legato alla conoscenza in dettaglio dei carichi applicati e delle caratteristiche dimensionali delle fondazioni. Per tali motivi non si possono fornire i valori relativi di capacità portante dei terreni durante l'azione sismica, che andranno valutati dal progettista a seguito del dimensionamento della struttura e sulla base dei parametri geotecnici rilevati e delle caratteristiche sismiche locali.

Come ulteriori accorgimenti si prescrive infine di:

- verificare durante le fasi di scavo la reale successione lito-stratigrafica, perchè potrebbero emergere locali variazioni litologiche anche a differenti profondità dal piano di campagna, così da segnalare tempestivamente eventuali anomalie o disomogeneità del piano di posa fondale entro l'area indagata. E' possibile rinvenire "lenti" litologiche di terreni limosi o sabbiosi relativamente sciolti, associati soprattutto al passaggio tra differenti litologie; nel caso il piano di posa fondazionale corrispondesse a tali livelli, si consiglia di approfondirlo fino a raggiungere il sottostante orizzonte portante.
- per migliorare la ripartizione dei carichi nel sottosuolo e per compensare eventuali disomogeneità litologiche nei vari settori del piano di posa fondazionale, si consiglia inoltre, di armare in maniera adeguata le opere fondazionali per irrigidire la struttura stessa e compensare eventuali cedimenti differenziali.
- ripartire i carichi omogeneamente, così da minimizzare il verificarsi di cedimenti differenziali tra le differenti strutture;

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico

Via D. Vitali, 32 - 29121 Piacenza - Tel/Fax 0523.452257 - Cell. 335.8147227

e-mail: paolomancioppi@inwind.it - pec: paolomancioppi@registerpec.it

- evitare in ogni modo qualsiasi dispersione o infiltrazione d'acqua nel sottosuolo, sia durante sia al termine dei lavori, specie in prossimità delle opere di fondazione adottando una scrupolosa raccolta di tutte le acque di scolo superficiali che dovranno essere smaltite entro recapiti autorizzati.
- predisporre la raccolta e l'allontanamento delle acque di scarico, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, in modo che eventuali infiltrazioni non provochino assestamenti differenziali del terreno di fondazione;
- nel caso di fondazioni superficiali, evitare rimaneggiamenti o deterioramento del terreno di fondazione prima della messa in opera delle fondazioni, per evitare cedimenti o assestamenti non prevedibili;

Il sito oggetto dell'intervento in progetto, alla luce delle ultime normative vigenti, risulta compatibile nei riguardi del rischio sismico non avendo individuato elementi di potenziale instabilità, sia dal punto di vista morfologico-tettonico, che sismico.

Si lascia il compito al progettista per una razionale scelta e dimensionamento delle fondazioni da adottare per ciascun tipo di edificio: sarà in ogni caso indispensabile, in base alla normativa vigente, verificare quanto sopra in funzione delle dimensioni e dei reali carichi applicati a ciascun fabbricato, eseguendo indagini geognostiche specifiche per ogni nuova costruzione.

Piacenza, 14/04/2015

