



COMUNE DI ALFONSINE
Provincia di Ravenna
MEDAGLIA D'ARGENTO AL VALOR CIVILE
MEDAGLIA D'ARGENTO AL VALOR MILITARE

Area Tecnica - Gestione Associata LLPP
Alfonsine, Cotignola e Fusignano




Cofinanziato
dall'Unione europea

**LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
DEL PONTE SUL TORRENTE SENIO**

PNRR - M2C4 I2.2 - INTERVENTI PER LA RESILIENZA, LA VALORIZZAZIONE DEL
TERRITORIO E L'EFFICIENZA ENERGETICA DEI COMUNI

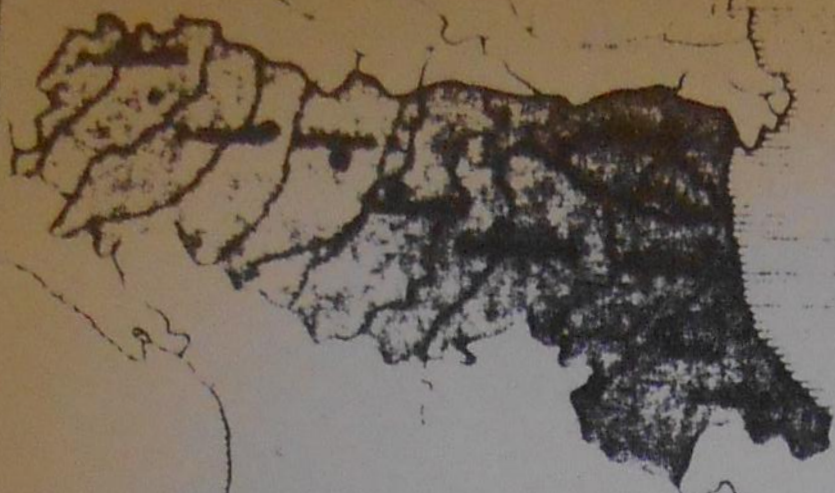
CUP: H27H17001390004

Progetto Esecutivo

Assessore ai LL.PP: Sig. Roberto Laudini		Sindaco: Avv. Riccardo Graziani	
Responsabile Area Tecnica Gestione Associata LLPP Alfonsine, Cotignola e Fusignano			
RUP:Dott. Rodolfo Gaudenzi			
PROGETTISTA COORDINATORE:		Ing. Antonio Tassinari	
PROGETTISTI OPERE STRADALI:		Studio Tassinari e Associati Ing. Antonio Tassinari	
COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:		Studio Tassinari e Associati Ing. Antonio Tassinari	
		<div><p>STUDIO TASSINARI • ASSOCIATI ingegneria • architettura • infrastrutture</p><p>Viale L. Cilla 54 - 48123 - Ravenna Tel: 0544.218506 - Fax: 0544.248148 www.ingtassinari.it - studio@ingtassinari.it</p></div>	

ELABORATO: Relazione geologica-geotecnica

Codice Intervento: SEN2019	Data: OTTOBRE 2022	Codice Elaborato: E.STR-03
Scala:	File: 22_ALF-002R2_E.STR-03	Revisione: R02



A. N. A. S.
AZIENDA NAZIONALE AUTONOMA DELLE STRADE
COMPARTIMENTO DELLA VIABILITÀ
CON SEDE IN BOLOGNA
per le province di: Bologna - Ferrara - Forlì - Modena - Parma
Piacenza - Ravenna - Reggio Emilia

PROVINCIA DI RAVENNA

S.S. 16 "ADRIATICA"

LAVORI DI ADEGUAMENTO DELLA LUCE DEL
PONTE SUL FIUME SENIO AL Km. 134+975

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

AZIENDA NAZIONALE AUTONOMA DELLE STRADE
(A. N. A. S.)

COMITATO

N. 132

Adunanza del

29 MAR 1984

IL GEOMETRA

f.to (Geom. Stefano)

IL SEGRETARIO

(f.to Dr. Fiorito)

L'INGEGNERE

f.to (Ing. Filippo Rubino)

V.to L'INGEGNERE CAPO

f.to (Dott. Ing. Corrado Claesi Schettini)

V.to IL CAPO COMPARTIMENTO

f.to (Dott. Ing. Ennio Matera)

ALLEGATO N 1

BOLOGNA 11 23-12-83

Prof. Ing. Pier Vincenzo Righi
Docente di "GEOTECNICA" presso l'Università di Bologna
Via Belvedere, 43 - Telefono (051) 57 76 75 - 58 36 57
40033 CASALECCHIO DI RENO (Bologna)

Codice Fiscale RGH PVN 31C23 F257T

Spett.le A.N.A.S.

Compartimento della Viabilità

Via Alessandrini, 8

B O L O G N A

OGGETTO : Adeguamento della luce di deflusso del ponte
sul fiume Senio al Km 134 + 975
Fondazioni -

A seguito degli accordi intercorsi, trasmetto la presente

R E L A Z I O N E G E O T E C N I C A

riguardante il dimensionamento dei pali di fondazione dell'opera in
oggetto.

X X X

./.

I. Caratteristiche del terreno -

L'indagine geognostica del primo sottosuolo è stata eseguita mediante n° 2 prove penetrometriche statiche.

Queste ultime sono state effettuate mediante penetrometro statico olandese da 20 t in n° 2 diverse posizioni corrispondenti rispettivamente alla spalla in sponda sinistra - prova n° 1 - ed alla spalla in destra - prova n° 2 - con inizio dalla sommità arginale.

L'indagine così eseguita ha denunciato la presenza di un sottosuolo di evidente genesi sedimentaria costituito sostanzialmente da alternanze continue di grossi strati sabbiosi e di grossi strati argillosi.

Con maggior precisione, l'andamento stratigrafico medio del sottosuolo - peraltro sensibilmente costante nelle due posizioni di prova - può essere così riassunto :

da 0,0 m (quota argine) a -14 ÷ -15 m minute alternanze di straterelli argillosi e di straterelli sabbiosi, caratterizzati da resistenze penetrometriche di punta assai variabili essendosi registrati valori di 15 ÷ 20 Kg/cm² nelle zone limoargillose e di 40 ÷ 80 Kg/cm² nelle zone più nettamente sabbiose.

Risulta tuttavia una netta prevalenza degli strati sabbiosi.

da -14 ÷ -15 m a -24 ÷ -26 m materiali argillosi abbastanza omogenei di media consistenza, interessati da qualche sottile straterello limoso o limoargilloso.

Le resistenze penetrometriche oscillano sui valori di 10 ÷ 15 Kg/cm² con un'isolata punta a 20 ÷ 25 Kg/cm² in corrispondenza delle quote -18 ÷ -19 m.

da -24 ÷ -26 m a -34 ÷ -35 m, materiali sabbiosi di alto addensamento inglobanti sottili ma frequenti straterelli argillosi.

Le resistenze penetrometriche di punta oscillano sui valori di 15 ÷ 20 Kg/cm² negli straterelli argillosi e sui valori di 100 ÷ 150 Kg/cm² negli strati sabbiosi.

da -34 ÷ -35 m a -47 m (termine dei sondaggi), alternanze pressochè continue di strati argillosi di buona consistenza e di strati sabbiosi di medio addensamento.

La potenza di tali strati è dell'ordine di 1,50 ÷ 2 m e le resistenze in essi rilevate risultano di 25 ÷ 30 Kg/cm² per quelli argillosi e di 70 ÷ 90 Kg/cm² per quelli sabbiosi.

Il livello statico della falda idrica sotterranea è stato rilevato a circa 9 m sotto la sommità arginale.

II. Dimensionamento dei pali di fondazione -

II. 1. Pali delle pile -

La quota prevista per le teste dei pali è di -7,60 m sotto la sommità arginale, sulla sponda dell'alveo.

Il diametro previsto è di 1,00 m.

I carichi previsti sono i seguenti :

carico massimo : $P_{\max} = 228 \text{ t}$

carico minimo : $P_{\min} = 127 \text{ t}$

L'interasse è di 4,25 m.

Si prevede una lunghezza dei pali di 37 m in modo che le loro basi verranno ad appoggiare a quota -42,60 m dove potrà trovarsi, a seconda delle posizioni, o materiale argilloso di buona consistenza o materiale sabbioso di medio addensamento.

II.1.a. Portata alla testa dei pali -

- Aderenza laterale :

Strato da -8,0 m a -14 m (prevalenza di sabbia limosa)

Si può assumere : $r_{pm} = 35 \text{ Kg/cm}^2$ in materiale incoerente e facendo riferimento alle prove penetrometriche con inizio dalla sommità arginale, si avrà :

$$\sigma'_v - 7,60 = 1,9 \times 7,60 = 14,4 \text{ t/m}^2 \text{ per cui :}$$

$$\frac{r_p}{\sigma'_v} = \frac{350}{14,4} = 24,3$$

da cui, secondo Terzaghi e Vesic si ottiene :

$$\varphi = 25^\circ \text{ e } \operatorname{tg} \varphi = 0,47$$

Come coefficiente di attrito palo/terreno potrà pertanto assumersi il valore :

$$f = 0,4$$

Considerando la pressione di una colonna di calcestruzzo liquido di 3 m di altezza media si ha :

$$\sigma_o = 3 \times 1,4 = 4,2 \text{ t/m}^2 \text{ per cui :}$$

$$\tau_{lim} = f \times \sigma_0 = 0,4 \times 4,2 = 1,68 \text{ t/mq}$$

$$\tau_{amm} = \frac{1,68}{2,5} = 0,67 \cong \underline{0,7 \text{ t/mq}}$$

non si conteggieranno i primi due metri di palo.

Strato da -14 m a -26 m (argilla omogenea)

Si può assumere : $r_{pm} = 13 \text{ Kg/cmq}$ in materiale coesivo

$$c_u = \frac{13}{20} = 0,65 \text{ Kg/cmq} = 6,5 \text{ t/mq}$$

$$\alpha = 0,8$$

$$\tau_{lim} = 0,8 \times 6,5 = 5,20$$

$$\tau_{amm} = \frac{5,2}{2,5} = \underline{2,08 \text{ t/mq}}$$

Strato da -26 m a -35 m (sabbia addensata)

Si può assumere : $r_{pm} = 80 \text{ Kg/cmq}$

$$\sigma'_v = 0,9 \times 22 = 19,8 \text{ t/mq}$$

$$\frac{r_p}{\sigma'_v} = \frac{800}{19,8} = 40,4 \text{ da cui :}$$

$$\phi = 32 ; \quad \text{tg } \phi = 0,62 ; \quad f = 0,45$$

$$\sigma_0 = 10 \times 1,4 = 14 \text{ t/mq}$$

$$\tau_{lim} = f \times \sigma_0 = 0,45 \times 14 = 6,30$$

$$\tau_{amm} = \frac{6,30}{2,5} = \underline{2,5 \text{ t/mq}}$$

Strato da -35 m a -40,5 m (prevalenza di argilla compatta)

Si può assumere : $r_{pm} = 25 \text{ Kg/cm}^2$ in materiale coesivo

$$c_u = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ Kg/cm}^2 = 12,5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0,5$$

$$\tau_{lim} = 0,6 \times 12,5 = 6,25 \text{ t/m}^2$$

$$\tau_{amm} = \frac{6,25}{2,5} = \underline{2,5 \text{ t/m}^2}$$

- Portata di base -

Poichè alla quota delle basi può essere presente materiale argilloso abbastanza compatto ma debolmente sovraconsolidato, non si conteggerà alcun contributo della resistenza di base lasciando ad essa soltanto il compito di reggere il peso proprio del palo.

La portata utile alla testa del palo $\varnothing 100 \text{ cm}$ di 37 m di lunghezza con testa a quota -7,60 m e base a -44,60 m diviene quindi :

$$P_u = 3,14 \times 1,00 (4 \times 0,7 + 12 \times 2,08 + 9 \times 2,5 + 9 \times 2,5) = \underline{228 \text{ t}}$$

Poichè l'interasse fra i pali è di 4,25 m e sono previsti n° 4 pali in fila, non sarà necessario conteggiare alcuna diminuzione di portata per "effetto gruppo".

II. 2. Pali delle spalle -

La quota prevista per le teste dei pali è di -2,0 m.

Il diametro previsto è di 1,00 m

I carichi previsti sono i seguenti :

carico massimo : $P_{\max} = 157 \text{ t}$

carico minimo : $P_{\min} = 41 \text{ t}$

L'interasse è di 4,25 m.

Si prevedono pali di 30 m di lunghezza con testa a quota -2,0 m e base a quota -32 m.

II.2.a. Portata alla testa dei pali -

- Aderenza laterale

Strato da -2,0 m a -14 m (prevalenza di sabbia) :

per quanto visto al punto II.1. potrà assumersi :

$$f = 0,4$$

$$\sigma_{o_m} = 7 \times 2,0 = 14 \text{ t/mq}$$

$$\tau_{lim} = 14 \times 0,4 = 5,60 \text{ t/mq}$$

$$\tau_{amm} = \frac{5,60}{2,5} = 2,24 \cong 2,0 \text{ t/mq}$$

non si conteggeranno i primi 2 m di palo.

Strato da -14 m a -26 m (argilla omogenea)

$$\tau_{amm} = 2,08 \text{ t/mq (vedi punto II.1.)}$$

Strato da -26 a -32 m (sabbia addensata) :

$$\tau_{amm} = 2,5 \text{ t/mq (vedi punto II.1.)}$$

- Portata di base

Anche in questo caso la portata di base non viene conteggiata per la possibilità che l'appoggio del palo si realizzi su uno dei numerosi straterelli argillosi che interessano lo strato sabbioso.

Ad essa si affiderà soltanto il peso proprio del palo.

La portata utile alla testa del palo di 30 m di lunghezza con testa a -2,0 m e base a -32 m diviene quindi :

$$P_u = 3,14 \times 1,00 (10 \times 2,0 + 12 \times 2,08 + 6 \times 2,5) = \underline{188 \text{ t}}$$

Dato il notevole interasse dei pali ($i = 4,25 \text{ D}$) e poichè sono previsti soltanto n° 2 pali, non sarà necessario conteggiare alcuna diminuzione di portata per effetto gruppo.

Si ritiene tuttavia opportuno che la portata utile teorica (188 t) sia maggiore del carico massimo previsto sui pali (157 t), poichè, in corrispondenza delle spalle potranno manifestarsi modesti attriti negativi dovuti all'incremento di carico sul suolo conseguente all'allargamento ed al rialzo dei terrapieni delle rampe di accesso al ponte.

III. Abbassamenti nel tempo -

Gli abbassamenti nel tempo delle palificate vengono calcolati col programma CEPAL dell'Istituto di Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti dell'Università di Bologna.

Tale programma fa riferimento alla memoria "Contributo allo studio dell'abbassamento dei pali e delle palificate di fondazione" - INARCOS n° 403 - Nov. 1979.

III.1. Pali di pila -

- Caratteristiche della palificata :

Quota della testa dei pali 1,50 m sotto il piano della sponda del fiume -

Diametro dei pali : 1,00 m

Lunghezza dei pali : 37,0 m

Carico medio sui pali : 160 t

Interasse : 4,25 m

Numero delle file : $f = 1$

Numero dei pali per fila : $j = 4$

- Caratteristiche del terreno

Strato n°	base m	r_p t/mq	β
1	5,0	500	60
2	8,0	300	60
3	20,0	130	22
4	27,0	800	45
5	37,0	250	18
A	40,0	300	18
B	42,0	300	18

quota della falda $H_f = 3$ m

peso specifico em. $\gamma = 1,9$ t/mc

peso specifico imm. $\gamma' = 0,9$ t/mq

Dai tabulati di calcolo che si allegano risulta :

- tensione tangenziale media sul fusto dei pali : $\tau_m = 1,20$ t/mq
- pressione verticale media sotto il palo : $\sigma_b = 52,5$ t/mq
- pressione verticale media sotto la palificata : $\sigma'_b = 7,3$ t/mq
- schiacciamento del terreno sotto i pali : $\delta_1 = 0,15$ cm
- schiacciamento del terreno fra i pali : $\delta_2 = 0,27$ cm
- abbassamento della palificata : $\delta = 0,43$ cm

L'abbassamento δ ottenuto non tiene conto dello schiacciamento elastico del palo che ammonterà a pochi millimetri.

- Pali di spalla -

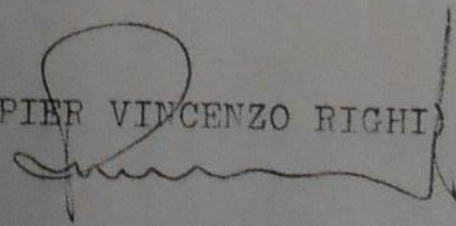
Per i pali di spalla, il calcolo dell'abbassamento dovuto ai carichi trasmessi dal ponte non ha significato in quanto l'ampliamento del terrapieno delle rampe di accesso determinerà uno schiacciamento del terreno naturale che provocherà azioni di trascinamento sui pali (attriti negativi).

Per ridurre al minimo tali azioni si consiglia di eseguire, come prima operazione di cantiere, la costruzione dei rilevati delle rampe di accesso in quanto, stante la natura prevalentemente sabbiosa del primo strato di sottosuolo - che è quello maggiormente compressibile -, potrà ottenersi un suo consolidamento pressochè totale nel giro di pochi mesi dopo l'attribuzione del carico e quindi prima di iniziare l'esecuzione dei pali.

In tali condizioni e considerando pure che gli strati argillosi sottostanti il primo strato sabbioso andranno anche essi soggetti ad un modesto schiacciamento nel tempo - che per essi avrà un decorso assai lungo -, si potrà considerare che l'abbassamento dei pali di spalla raggiungerà il valore di 1 ÷ 2 cm.

Bologna, 22/4/1983

(Prof. Ing. PIER VINCENZO RIGHI)



IN CEPAL
 IMENTO PALO SINGOLO/ IN GRUPPO, NOME?? A
 LDA: GAMMA: GAMMA IMM.? ? ? 0.9
 COLO CEDIMENTI PALO/PALIFICATA
 FALDA= 3 GAMMA= 1.9 GAMMA IMM.= .9
 STRATI LATERALI? 5
 BASE STRATO LAT. NO.: 1 ? 5
 BETA=RP/RL? ? 60
 BASE STRATO LAT. NO.: 2 ? 8
 BETA=RP/RL? 300,60
 BASE STRATO LAT. NO.: 3 ? 20
 BETA=RP/RL? 130,22
 BASE STRATO LAT. NO.: 4 ? 27
 BETA=RP/RL? 800,45
 BASE STRATO LAT. NO.: 5 ? 37
 BETA=RP/RL? 250,18
 ATO A: RP, BETA=RP/RL? 300,18
 ASE STRATO B? 42
 ATO B: RP, BETA=RP/RL? 300,18
 ESTA PALO, LUNG. PALO, DIAM. PALO? ? ? 1
 ERASSE PALI? 4.25
 FILE, PALI PER FILA? 4
 ICO-UTILE SUL PALO? 180
 ONVERGENZA RAGGIUNTA CON 12 ITERAZIONI *

RATO NO.-	-H(CI)MED-	-DQ-	-RP-/-BETA-	-CCV(CI)/E(CI)-
SU	3.25	3.5	500 / 60	.546364E-02 / 2746.49
SU	6.5	3	300 / 60	.991997E-02 / 2193.01
SU	14	12	130 / 22	.102718E-01 / 3632.25
SU	23.5	7	800 / 45	.480207E-02 / 11870.5
SU	32	10	250 / 18	.429548E-02 / 17371.8
SU	38.75	3.5	300 / 18	.163064E-01 / 8391.07
SU	41.25	1.5	300 / 18	.61835E-02 / 16240.1

U MEDIA LATERALE TAU= 1.20498 (T/MQ)

ESS MEDIA SOTTO IL PALO SIGMAB= 52.5047 (T/MQ)

ESS MEDIA SOTTO LA PALIFICATA SIGMAB'= 7.29901 (T/MQ)

TAC(1)= .167137E-02 DELTA(2)= .270392E-02

CEDIMENTO TOTALE***= .437519 (CM)

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
ISTITUTO DI COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI
Laboratorio Sperimentale - Sezione Geotecnica



CERTIFICATO

N. 136/1982-83 del 17/2/1983

REG. N. 240
del 12 LUG. 1983

delle prove penetrometriche in situ su terreno eseguite su richiesta in data 24 gennaio 1983 dell'Impresa Fratelli Cervellati Costruzioni S.p.A. con sede a Ferrara, Via Bologna n° 292/A.

Le prove sono state effettuate mediante penetrometro statico olandese da 20 t in data 26 gennaio 1983, in due diverse posizioni, in corrispondenza delle spalle del ponte sul fiume Senio al Km 134+975 della S.S. n° 16 "Adriatica" ad Alfonsine di Ravenna.

Le prove sono così ubicate :

- Prova n° 1 : sommità arginale sinistra;
- Prova n° 2 : sommità arginale destra.

I grafici che seguono riportano l'andamento con la profondità, riferita al piano sommità arginale, della resistenza specifica di punta " r_p ", della resistenza laterale locale " r_l " e del rapporto fra la resistenza specifica di punta e quella laterale locale " r_p/r_l " (friction jacket cone).

LO SPERIMENTATORE



IL DIRETTORE

Per la classificazione sismica si è fatto riferimento alla seguente Relazione Geologica relativa ad altro intervento ubicato a distanza di circa 450 m dal ponte in oggetto.



COMUNE DI ALFONSINE
PROVINCIA DI RAVENNA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)

Proprietà

FARMACIA LUGARESÌ

Oggetto

ELABORATO 6 ai sensi della D.G.R. 1373/2011

Relazione Geologica sulle indagini, Caratterizzazione e Modellazione Geologica del sito (punto 6.1)

Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (punto 6.2)

rev. 0

del 02/07/2013

Gruppo di lavoro

Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi

Via Goffredo Mameli, 13 - Alfonsine (RA)

Via Arnaldo da Brescia, 11 - Argenta (FE)

cell. 340 2756654

email: sarabedeschi.geologo@gmail.com

sara.bedeschi@epapsicurezza postale.it

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via Arnaldo da Brescia 11 - Argenta (FE)

tel./fax 0532 852858 cell. 335 5373693

email: rabrugeo@libero.it

raffaele.brunaldi@epapsicurezza postale.it

web-site: www.bondabru.com



Committente

Farmacia Lugaresi

Corso Garibaldi, 83

48011 – Alfonsine (RA)

FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

SOMMARIO

1. OGGETTO.....	1
1.1 AREA IN ESAME.....	1
1.2 SCOPO DELLA PRESENTE DOCUMENTAZIONE.....	2
1.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO.....	3
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	4
3. VINCOLISTICA	5
4. RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	11
4.1 ASSETTO GEOLOGICO GENERALE	11
4.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN ESAME	12
4.3 ASSETTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO LOCALE	14
4.4 LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME E PRIME CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA	14
5. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" DEL SITO DI COSTRUZIONE.....	18
5.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA TROMOGRAFICA E HVSR E SCOPO DELL'INDAGINE	18
5.2 RISULTATI DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA	20
5.3 RESTITUZIONE DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA	20
5.4 ULTERIORI ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE.....	25
5.5 STORIA SISMICA LOCALE	35
5.6 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI SATURI GRANULARI LOCALMENTE RILEVATI	39



Studio di Geologia Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
Via Arnaldo Da Brescia, 11 - Argenta (FE)
e-mail: rabrugeo@libero.it
website: www.bondabru.com
tel./fax 0532 852858 cell. 335 5373693

Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi
Via Goffredo Mameli, 13 - Alfonsine (RA)
Via Arnaldo da Brescia, 11 – Argenta (FE)
e-mail: sarabedeschi.geologo@gmail.com
cell. 340 2756654

1. OGGETTO

Progetto per la realizzazione di una nuova farmacia in Corso Garibaldi in Comune di Alfonsine (RA).

PROPRIETÀ: Farmacia Lugaresi

1.1 AREA IN ESAME

L'area in esame è ubicata all'interno del centro abitato di Alfonsine.

L'area in oggetto è in ambito di pianura, a circa 4,00 m s.l.m.m. La base cartografica di riferimento è la C.T.R. 10.000 – Foglio 223050 e l'immagine orto-fotografica tratta da Google Earth ©, e sono di seguito riportate.

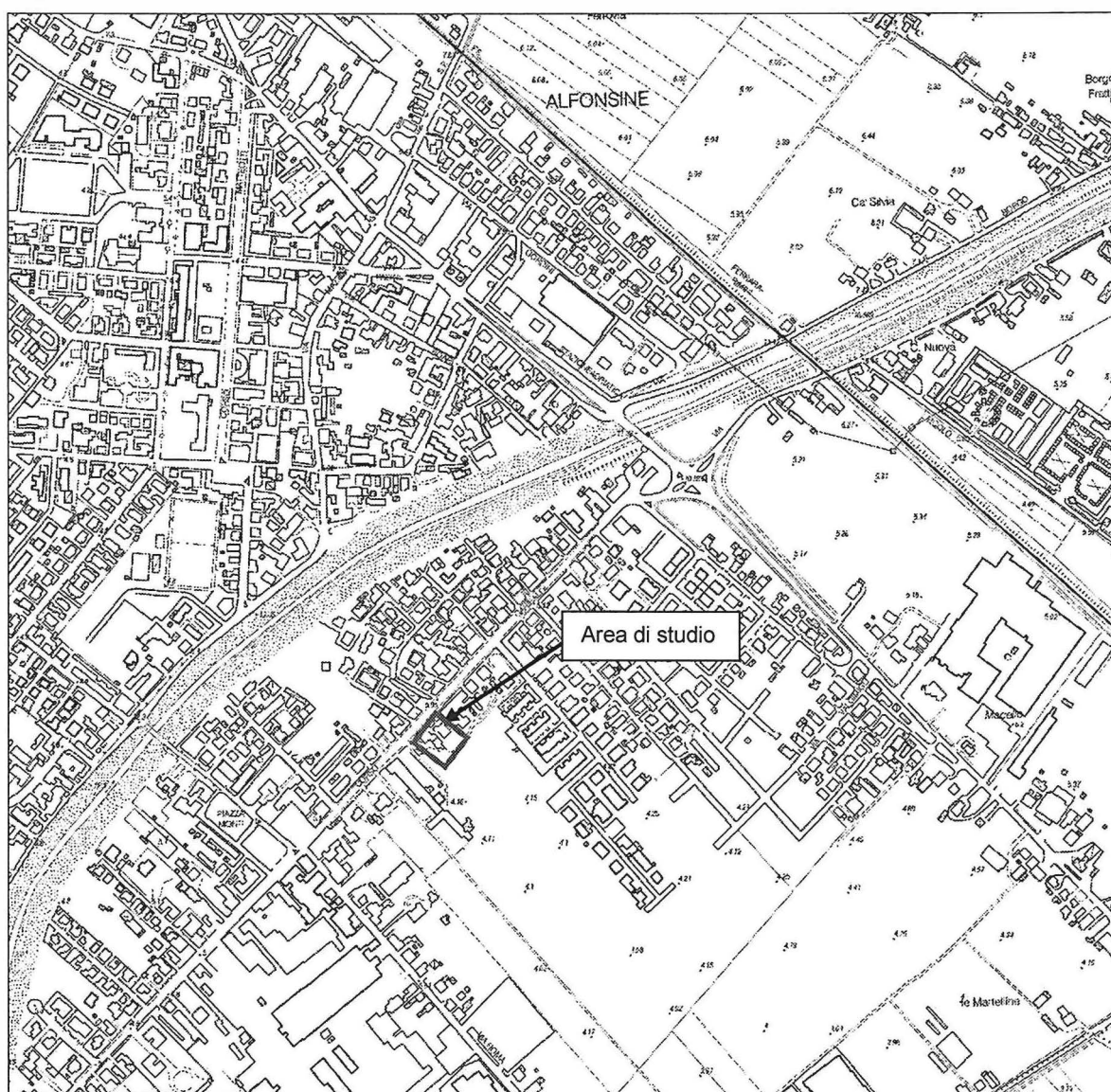


Figura 1 - Ubicazione dell'area su base CTR 5.000 in scala libera.



Studio di Geologia Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
Via Arnaldo Da Brescia, 11 - Argenta (FE)
e-mail: rabruego@libero.it
website: www.bondabru.com
tel./fax 0532 852858 cell. 335 5373693

Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi
Via Goffredo Mameli, 13 - Alfonsine (RA)
Via Arnaldo da Brescia, 11 - Argenta (FE)
e-mail: sarabedeschi.geologo@gmail.com
cell. 340 2756654

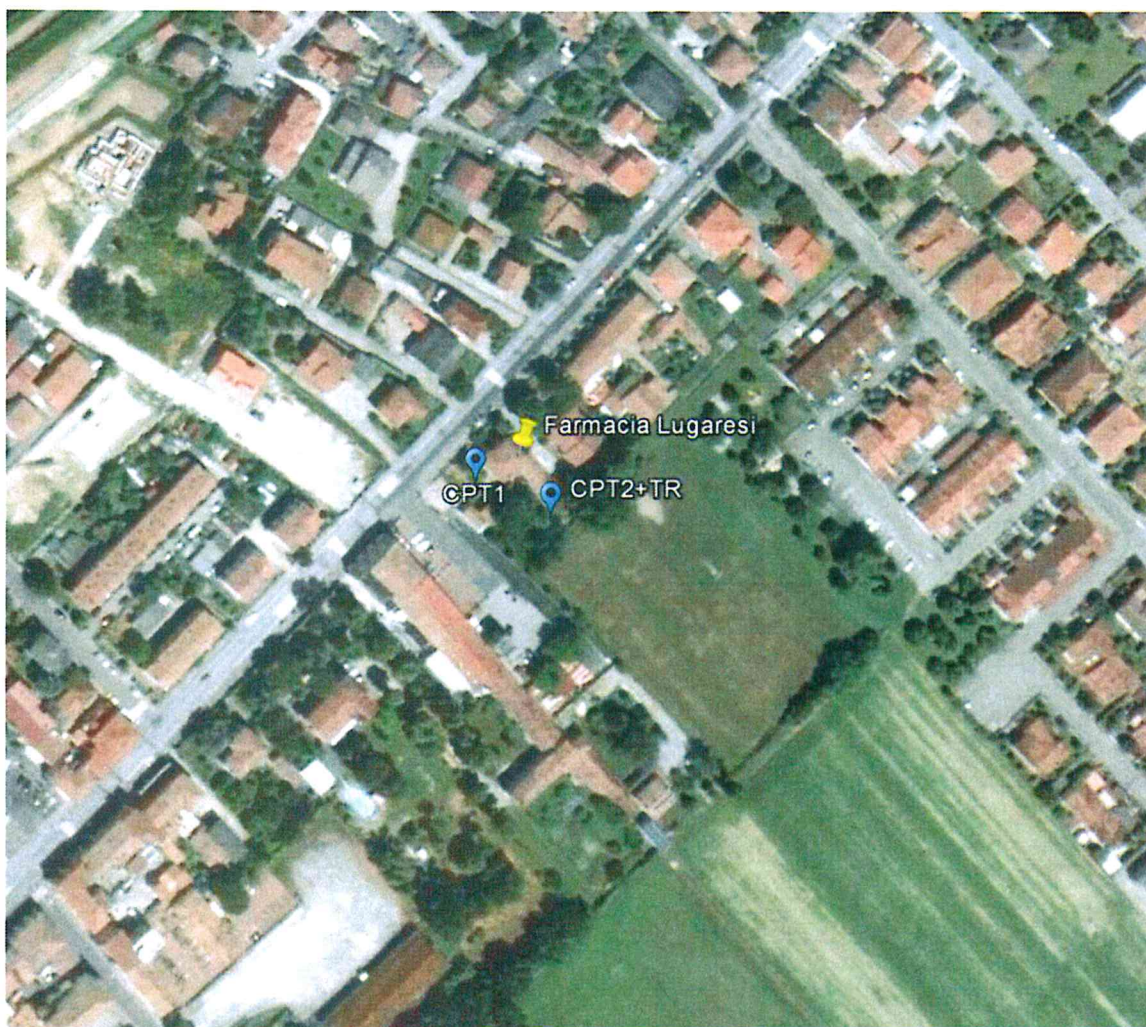


Figura 2 - Ubicazione dell'area e dei punti di indagine su ortofoto Google Earth © in scala libera.

1.2 SCOPO DELLA PRESENTE DOCUMENTAZIONE

La presente relazione di Modellazione Geologica e sismica è basata su di una campagna di indagini atta ad acquisire le necessarie conoscenze geologiche, litostratigrafiche, geotecniche e di caratterizzazione sismica dell'area in esame (anche sulla base di riscontri su dati relativi ad aree prossime ed assimilabili quella in esame, conoscenze in possesso di bibliografia). Le indagini, in accordo con la Committenza saranno utilizzate anche nella successiva fase di Modellazione. La presente modellazione è stata condotta nello spirito del D.M. 14/01/08 (N.T.C.) e dell'O.P.C.M. 3274/2003 e seguenti.

La definizione di un modellazione geotecnica di riferimento per la progettazione delle strutture da realizzarsi e la definizione della congruenza fra le strutture stesse e le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, sulla base di quanto riportato dal D.M. 14/01/08, è materia di concorrente competenza del professionista Geologo e dello strutturista. Si ritiene che la concorrenzialità non



debba essere intesa in termini di contrapposizione di competenze ma debba essere bensì intesa come comune opera di esatta e corretta definizione della tematica geotecnico/strutturale del tema proposto, nel rispetto delle professionalità e delle conoscenze specifiche delle competenze professionali dei vari soggetti coinvolti nella progettazione. Scopo finale delle relazione di modellazione geotecnica è la definizione di un Modello Geotecnico di riferimento all'edificazione dell'intervento in oggetto, come richiesto dal punto 6.2. del D.M. 14/01/08.

1.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

Si è eseguita, in accordo con la Committenza, una indagine stratigrafica, sismica e geotecnica locale che è consistita nell'esecuzione di due Prove Penetrometriche Statiche ed un' indagine sismica di tipo tromografico, sviluppata utilizzando la metodologia H/V.

Per l'espletamento di tali indagini si è utilizzato un penetrometro statico tipo Gouda dotato di punta Begemann a doppio effetto atta al rilievo dell'attrito laterale. La strumentazione di costruzione Deep Drill di proprietà del Dott. Geol. Raffaele Brunaldi, è regolarmente mantenuta e tarata (moduli di descrizione della metodologia penetrometrica sono presenti in allegato). L'indagine tromografica è stata eseguita utilizzando un tromografo TROMINO ® e l'apposito software GRILLA ® di costruzione Micromed (la descrizione metodologica dell'indagine è proposta in altra parte della presente documentazione). La strumentazione è di proprietà del Dott. Geol. Raffaele Brunaldi.

Ci si è ulteriormente basati su alcune indagini stratigrafiche e penetrometriche di bibliografia anche semplicemente come raffronto a quanto puntualmente rilevato.



2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Per l'esecuzione dell'incarico si è fatto riferimento alle seguenti leggi nazionali e regionali:

- D.M. 11/03/1988 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ed i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"* in particolare per quanto attiene alla sezione H:
 - ✓ L. 02/02/1974 n.64 *"Provvedimenti per le costruzioni con particolare riferimento alle prescrizioni per le zone sismiche"*(art.13);
 - ✓ D.M. 16/01/1996 *"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"* in particolare al punto C.6.1.1.: Azioni orizzontali - coefficiente di fondazione "ε"
- O.P.C.M. 3274/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e s.m.i. e decreti attuativi;
- D.M.14/01/08 *"Norme tecniche per le costruzioni"* e circolari applicative;
- L.R. 30/10/2008 n.19 *"Norme per la riduzione del rischio sismico"* e s.m.i. e circolari illustrative;

Si è fatto altresì riferimento a varia e numerosa bibliografia tecnica.



3. VINCOLISTICA

Sono stati analizzati sia gli strumenti di pianificazione sovraordinati che quelli comunali.

Dall'analisi della Revisione Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Torrente Senio, e in particolare dalla Tavola RI.24 si evince che l'area non ricade all'interno di "area ad alta probabilità di esondazione" secondo quanto previsto dall'art. 16 delle NTA del PSAI.

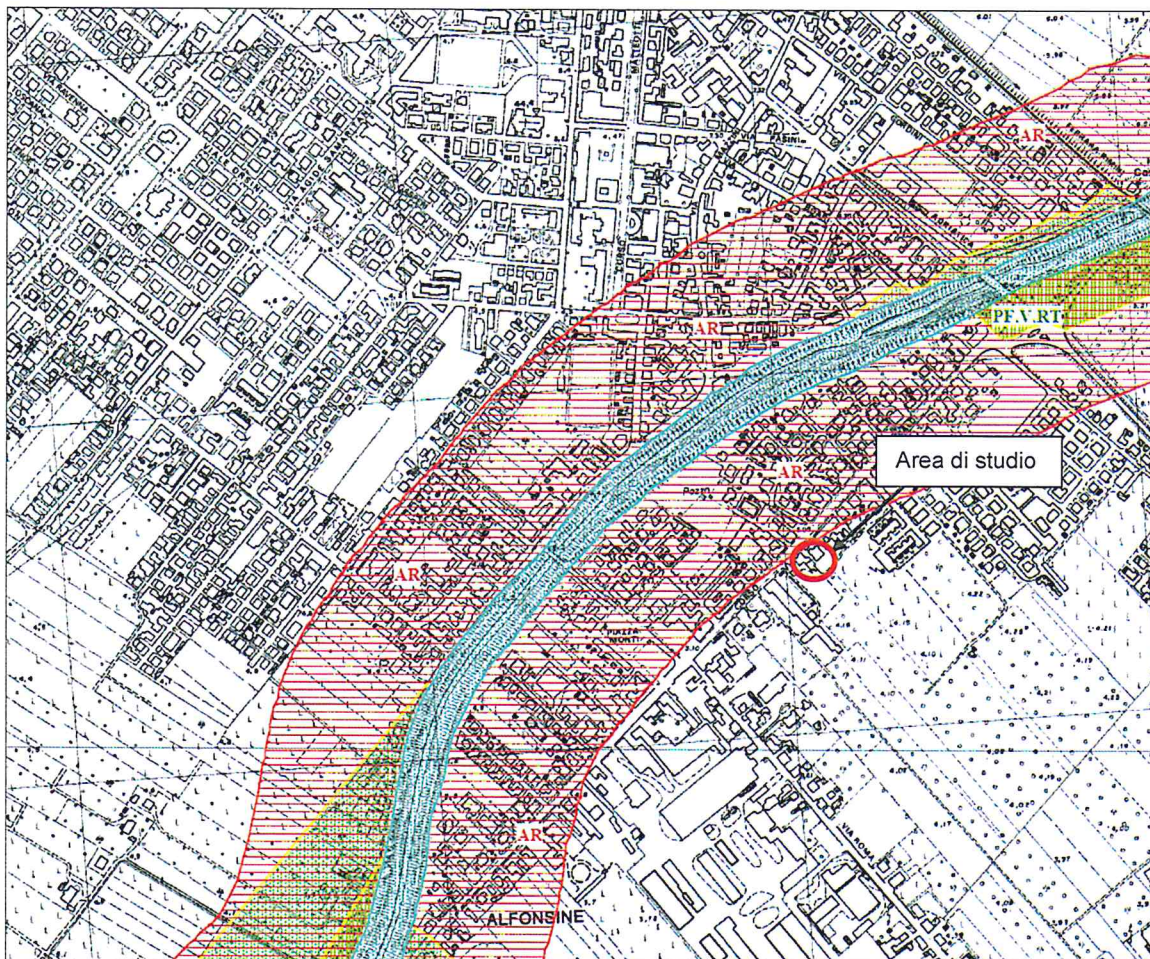


Figura 3 – Estratto della Tav. RI.24 del PSAI in scala libera.

Dall'analisi del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Ravenna, che da piena attuazione al Piano Territoriale Paesistico Regionale, l'area si trova all'interno dell'UdP n. 3 – Valli del Reno.

In particolare, la Tav.2_4 – Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali, indica che l'area in oggetto ricade all'interno di un "Dosso fluviale di ambito recente", regolamentato dall'art. 3.20b delle NTA del PTCP.



FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

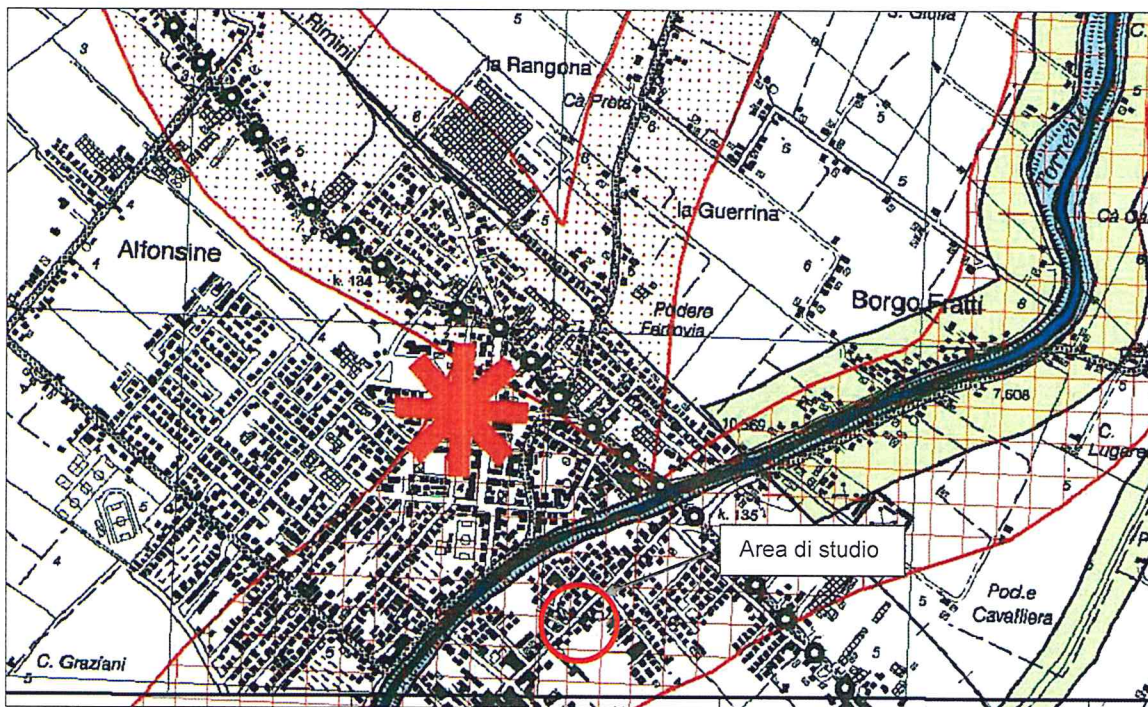


Figura 4 – Estratto della Tav.2_4 del PTCP in scala libera.

L'articolo Nello specifico l'art. 3.20 indica che nelle aree interessate da tale tipologia di dosso, le nuove previsioni urbanistiche comunali dovranno avere particolare attenzione ad orientare l'eventuale nuova edificazione in modo da preservare:

- da ulteriori significative impermeabilizzazioni del suolo, i tratti esterni al tessuto edificato esistente;
- l'assetto storico insediativo e tipologico degli abitati esistenti prevedendo le nuove edificazioni preferibilmente all'interno delle aree già insediate o in stretta contiguità con esse;
- l'assetto morfologico ed il microrilievo originario.

La realizzazione di infrastrutture, impianti e attrezzature tecnologiche a rete o puntuali comprenderà l'adozione di accorgimenti costruttivi tali da garantire una significativa funzionalità residua della struttura tutelata sulla quale si interviene.

I comuni nell'ambito dei propri regolamenti edilizi potranno prevedere idonee prescrizioni per la esecuzione dei lavori, in particolare in relazione alla limitazione degli sbancamenti al sedime degli edifici, alle tecniche di riduzione dell'impermeabilizzazione nella pavimentazione delle superfici cortilive, nonché allo smaltimento diretto al suolo delle acque pluviali, etc, al fine di garantire una significativa funzionalità residua della struttura tutelata nei termini di contributo alla ricarica delle eventuali falde di pianura. Le attività produttive di tipo artigianale o industriale dovranno garantire la qualità e la protezione della risorsa idrica; a tal fine la previsione di nuove attività di cui sopra o l'ampliamento di quelle esistenti, dovranno essere corredate da apposite indagini e relative prescrizioni attuative che garantiscano la protezione della risorsa idrica.



Sono inoltre non sono ammessi:

- le nuove discariche per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani, speciali ed assimilati;
- gli impianti di smaltimento o di stoccaggio per le stesse tipologie di materiali, salvo che detti impianti ricadano all'interno di aree produttive esistenti e che risultino idoneamente attrezzate.

Dall'analisi delle NTA l'intervento in oggetto non interferisce con quanto disposto da tali articoli di legge.

Dall'analisi del Piano Strutturale Comunale dell'Unione della Bassa Romagna, di cui il Comune di Alfonsine fa parte, ed in particolare della Tavola 3.3 – *Carta dei vincoli e delle tutele* si evince che il progetto ricade ad aree normate dagli artt. 2.6 e 2.18.

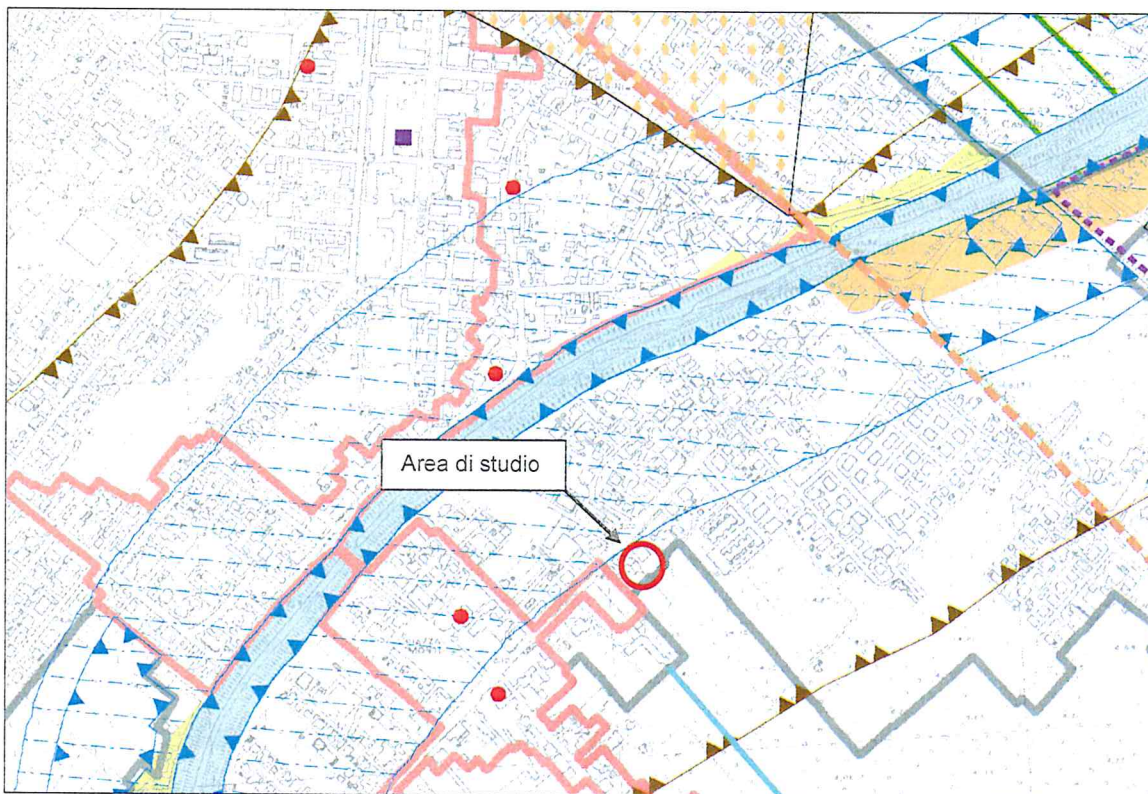


Figura 5 – Estratto della Tavola 3.3 del PSC in scala libera.

L'art. 2.6 indica che nelle aree interessate da tale tipologia di dosso, l'attuazione di ambiti individuati nel PSC come potenzialmente utilizzabili per lo sviluppo urbano o per lo sviluppo delle aree produttive potrà avvenire assicurando, con specifiche disposizioni del POC, una particolare attenzione ad orientare l'eventuale nuova edificazione in modo da preservare:

- da ulteriori significative impermeabilizzazioni del suolo, i tratti esterni al tessuto edificato esistente;
- l'assetto storico insediativo e tipologico degli abitati esistenti prevedendo le nuove edificazioni preferibilmente all'interno delle aree già insediate o in stretta contiguità con esse;
- l'assetto morfologico ed il microrilievo originario.

La realizzazione di infrastrutture, impianti e attrezzature tecnologiche a rete o puntuali comprenderà l'adozione di accorgimenti costruttivi tali da garantire una significativa funzionalità residua della struttura tutelata sulla quale si interviene.

Nel RUE dovranno essere contenute idonee prescrizioni per la esecuzione dei lavori, in particolare in relazione alla limitazione degli sbancamenti al sedime degli edifici, alle tecniche di riduzione dell'impermeabilizzazione nella pavimentazione delle superfici cortilive, nonché allo smaltimento diretto al suolo delle acque pluviali, etc., al fine di garantire una significativa funzionalità residua della struttura tutelata nei termini di contributo alla ricarica delle eventuali falde di pianura.

Le attività produttive di tipo artigianale o industriale dovranno garantire la qualità e la protezione della risorsa idrica; a tal fine la previsione di nuove attività di cui sopra o l'ampliamento di quelle esistenti, dovranno essere corredate da apposite indagini e relative prescrizioni attuative che garantiscano la protezione della risorsa idrica.

Nelle aree interessate da tale tipologia di dosso non sono ammessi:

- le nuove discariche per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani, speciali ed assimilati;
- gli impianti di smaltimento o di stoccaggio per le stesse tipologie di materiali, salvo che detti impianti ricadano all'interno di aree produttive esistenti e che risultino idoneamente attrezzate.

Sono fatte salve le previsioni di opere o urbanizzazioni già contenute nel PRG previgente e quelle previste da progetti pubblici o di interesse pubblico sottoposti a valutazione di impatto ambientale e/o accompagnati da uno studio di inserimento e valutazione paesistico ambientale e positivamente licenziati.

L'art. 2.18 individua i diversi livelli di approfondimento necessari in materia di rischio sismico. Nello specifico l'area ricade all'interno di un'area di possibile necessità di un'analisi approfondita in funzione delle caratteristiche meccaniche dei terreni (III livello), nel caso in cui gli interventi siano soggetti a PUA o a POC e non trattasi del caso in esame in quanto il progetto si configura come intervento diretto secondo quanto previsto dal RUE.

Dall'analisi delle NTA del PSC l'intervento in oggetto non interferisce con quanto disposto da tali articoli di legge.

Dall'analisi della Tavola 4.3 – *Schema di assetto strutturale*, si evince che l'area ricade all'interno dell'ambito AUC, ovvero ambito urbano consolidato (art.5.2). Per le specifiche in merito si rimanda al progetto.



FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

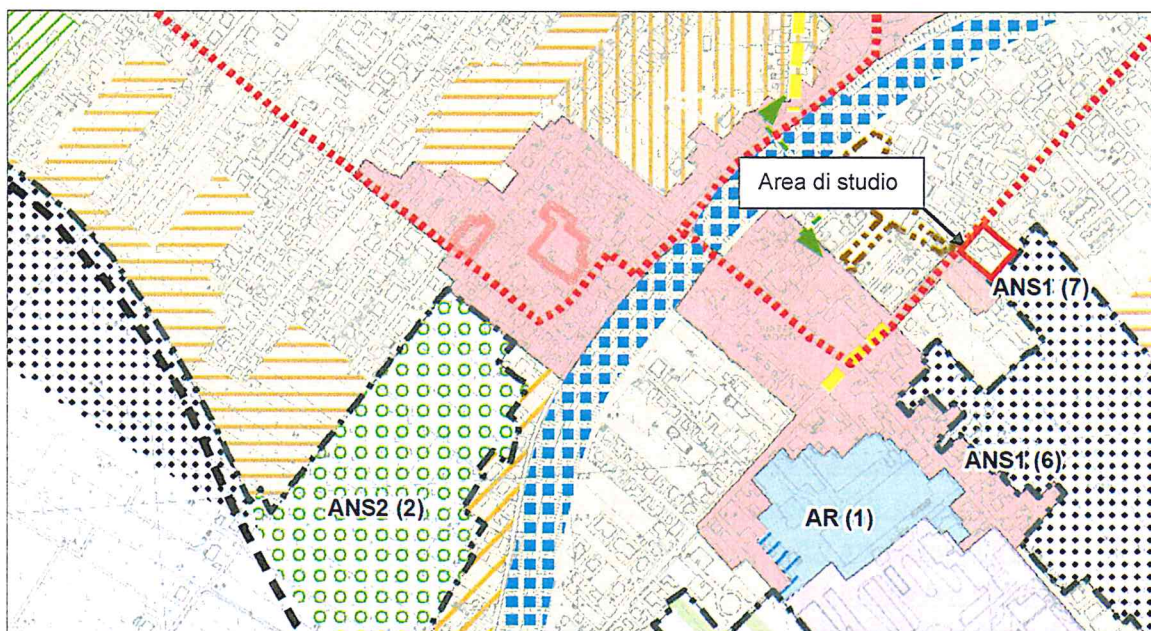


Figura 6 – Estratto della Tavola 4.3 del PSC in scala libera.

Dall'analisi del Regolamento Urbanistico Edilizio del Comune di Alfonsine, ed in particolare della Tav.1.7 – *Ambiti normativi, vincoli infrastrutturali e relativi impianti*, si evince che il progetto ricade all'interno dell'ambito AUC.3 - Ambiti consolidati per funzioni residenziali e mist, di buona o discreta qualità insediativa dei centri maggiori (art.4.2.4). Per le specifiche si rimanda a quanto indicato nelle tavole e relazione di progetto.

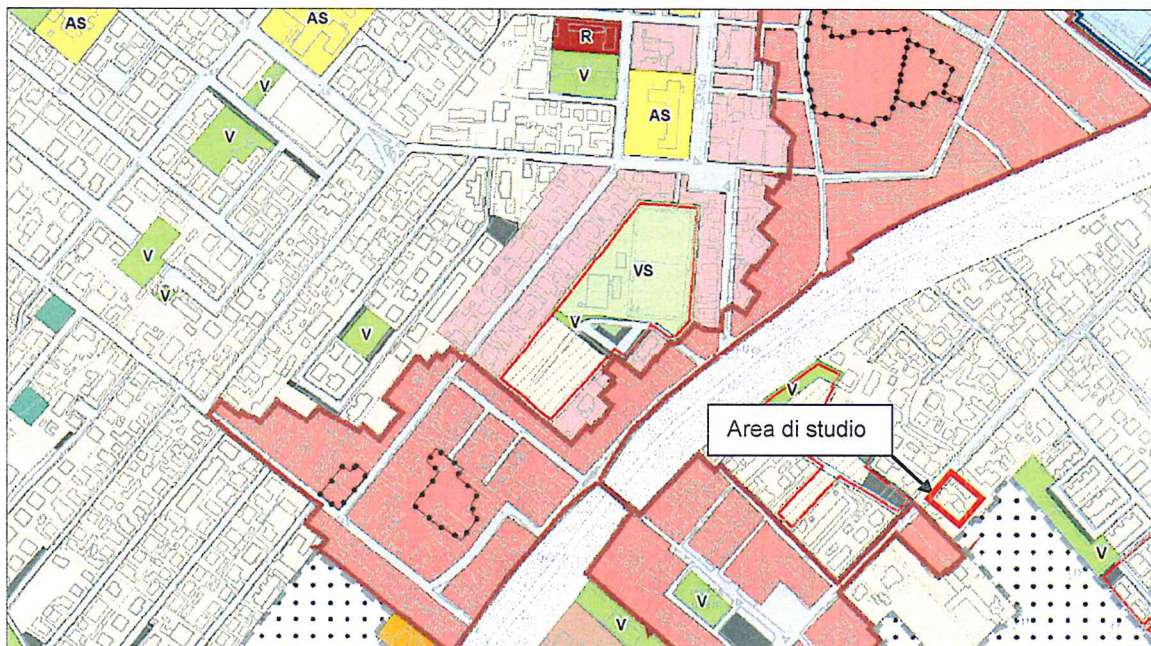
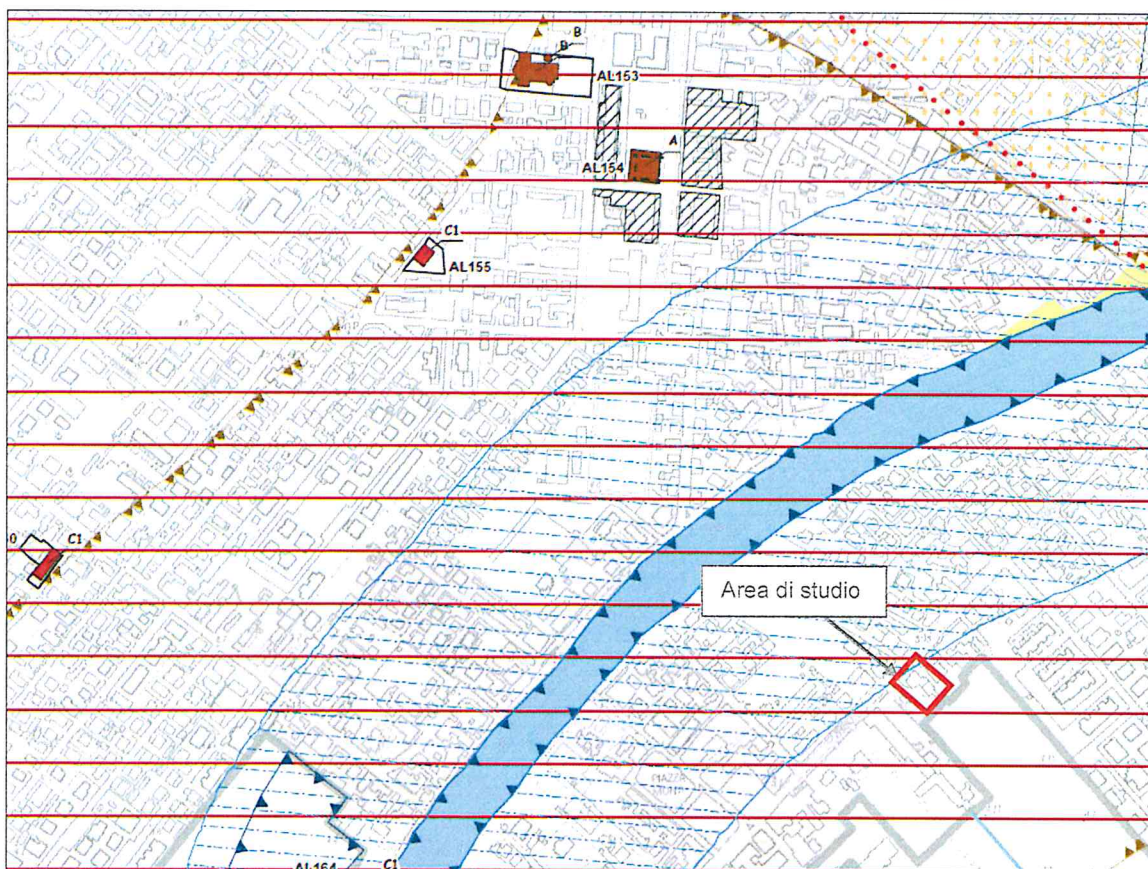


Figura 7 – Estratto della Tavola 1.7 del RUE in scala libera.





4. RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

4.1 ASSETTO GEOLOGICO GENERALE

L'assetto geologico complessivo dell'area in esame è legato all'evoluzione del grande bacino subsidente padano di riempimento detritico ed all'evoluzione tettonica compressiva e convergente fra il dominio Sud- alpino ed il dominio appenninico. Ciò ha comportato la formazione di un complesso sistema di pieghe e faglie, orientate da NNO a SSE, ovvero da ONO a ESE o ancora Nord-Sud. Per la bassa Provincia di Ravenna e quindi anche per il territorio del Comune di Alfonsine, nonché ovviamente per l'area in esame la situazione può essere descritta in maniera molto semplificata con la presenza di un notevole "pacco" di deposizioni alluvionali sciolte e/o fini, d'età Pleistocenica (dal Pleistocene Medio-Olocene: 0,45 Milioni di anni-presente, al Pliocene Medio-Superiore: 4,1- 1,8 Milioni di anni) sovrastanti le strutture appenniniche sepolte, d'età Miocenica (2,4- 5,4 Milioni di Anni fa), come riportato alle seguenti figure (ad esempio si veda anche la successiva Fig. 9) quali sovrascorrimenti e/o fronti dai accavallamento (sia della successione carbonatica Meso-Cenozoica che del Triassico Inferiore (Accavallamento profondo d'età Post-Pleistocene Medio). Essendo tali strutture, possibili sedi di riattivazione, nella storia sismica dell'area padana e dell'area in esame, e se ne darà rapido conto all'apposito capitolo (al quale si rimanda) si sono registrate nel tempo ricadute sismiche locali.

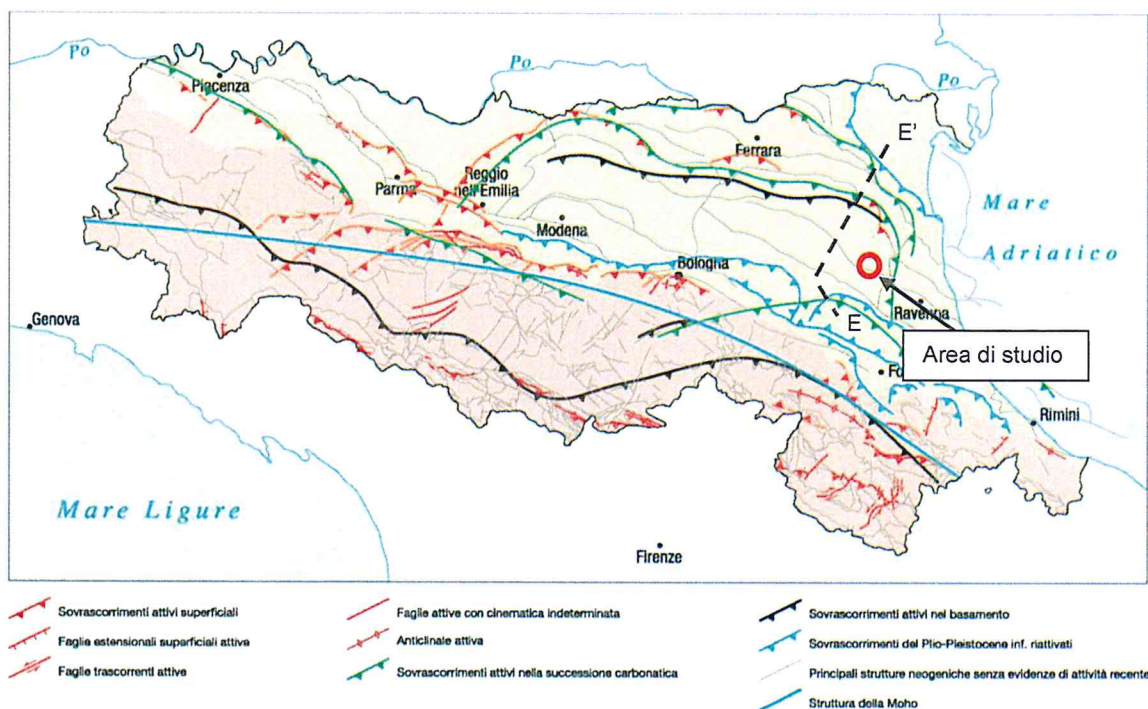


Figura 9 – Schema geologico tratto Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna

FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

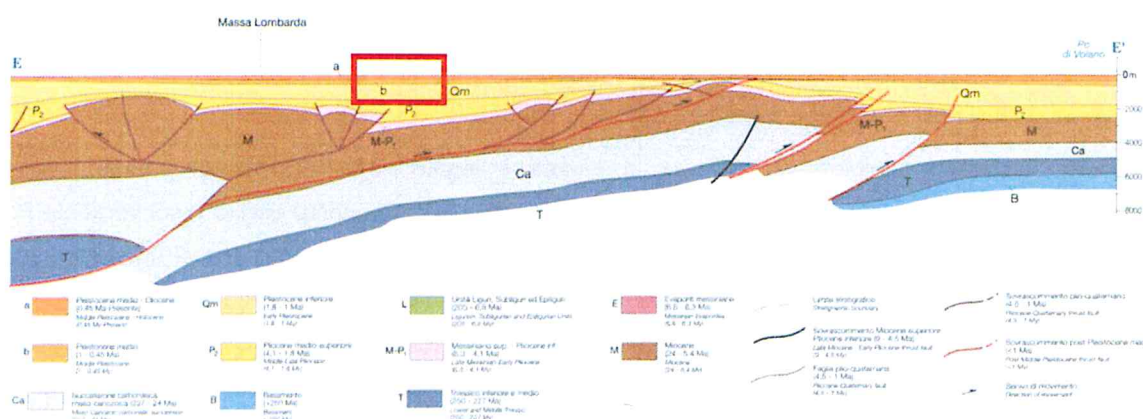


Figura 10 – Sezione geologica E-E', con l'andamento delle pieghe e delle faglie del substrato

4.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

Dal punto di vista geologico latu-sensu e sulla base delle apposite cartografie di riferimento locale e regionale, è possibile ascrivere i terreni di fondazione, caratterizzanti l'area in esame, ai depositi di origine alluvionale.

Dalla Carta Geologica di pianura dell'Emilia – Romagna si evince come per l'area in oggetto si potrebbero riscontrare sia depositi di natura granulare (senso lato) ovvero sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose e subordinatamente limi argillosi e localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi.

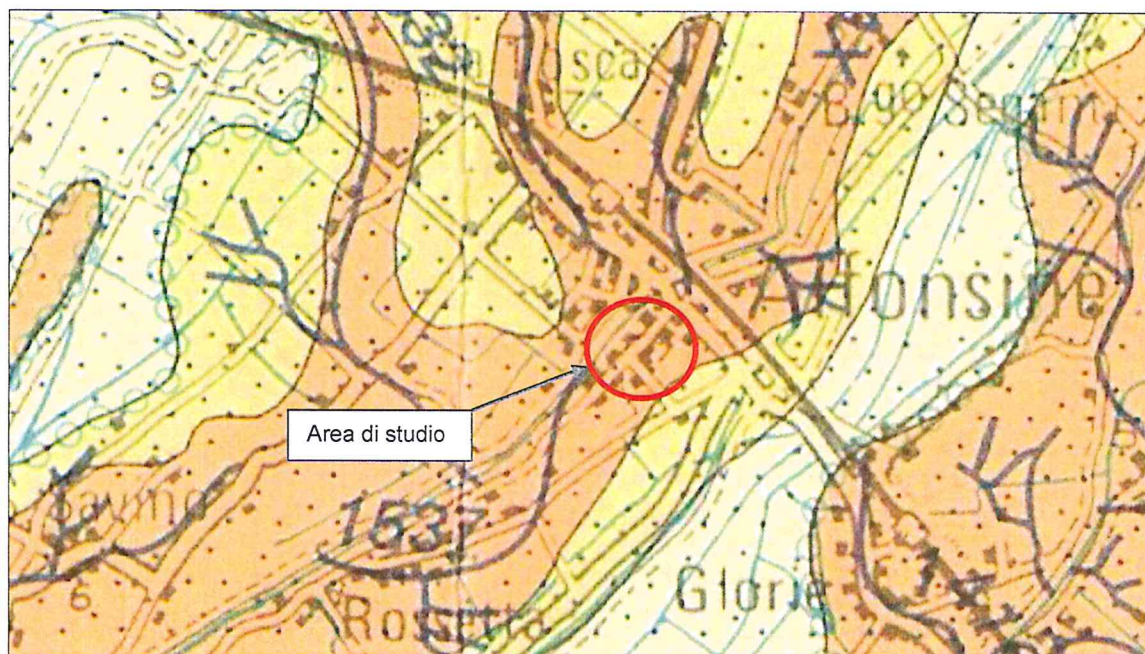


Figura 11 – Estratto della Carta geologica di pianura in scala libera



delle prove penetrometriche eseguite, si è potuto inoltre rilevare che nella sequenza deposizionale sono presenti inoltre livelli di natura prevalentemente argillosa intercalati a livelli caratterizzati da litotipi limo-sabbiosi e sabbiosi.

4.3 ASSETTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO LOCALE

L'area è ubicata in del Torrente Senio, da cui dista circa 100 m in direzione N-W. Non si rilevano poi altri corpi idrici, né fossi né scoline in quanto l'area si trova all'interno del centro abitato.

La falda freatica locale, o almeno la prima falda sospesa, è stata rilevata, nel foro di esecuzione delle due prove C.P.T. alla profondità di -1,90 m dal p.c.

Per l'area in esame è normale attendersi oscillazioni della falda (che caratterizzano un'ampia fascia della Pianura Padana). E' cioè naturale/normale registrare variazioni del livello della falda fra i periodi estivi/caldi e "siccitosi" e quelli invernali/freddi e piovosi. Il regime delle precipitazioni atmosferiche ed il regime termico locale determina cioè la più o meno veloce ricarica (per semplice infiltrazione diretta) o depressione (relativamente ai fenomeni evapo-traspirativi) della prima falda freatica locale. Dalla misura sopra riportata si potranno registrare nei periodi caldi/siccitosi un approfondimento del livello della prima tavola d'acqua rispetto al piano campagna. È plausibile pertanto ipotizzare una risalita sino a profondità di 1,00 m circa dal p.c., che rappresenta un dato comunque molto penalizzante, ed un abbassamento sino a 4,00 m circa dal p.c..

Chiaramente di tali variazioni della prima falda occorrerà tenere debito conto relativamente alla progettazione delle strutture previste sull'area in esame in quanto potranno originare fenomeni di rigonfiamento e/o di ritiro dei terreni di fondazione, poiché le variazioni del livello della falda potrebbero svilupparsi anche non in forma ciclica e/o regolare, anche le eventuali variazioni di volume potrebbero avere andamento imprevedibile. Le variazioni del livello della prima tavola d'acqua potranno poi sensibilmente modificare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati a tale variazione. L'imbibimento infatti, sviluppandosi su terreni superficiali che presentano una non trascurabile frazione "coesiva" che è per natura più sensibile a tale fenomeni, potrà comunque diminuire le caratteristiche di compressibilità dei terreni.

Relativamente alle falde profonde, queste non verranno ad essere interessate e/o modificate dalla realizzazione delle opere in oggetto.

4.4 LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME E PRIME CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA

Sulla base della prova eseguita, si riportano le seguenti caratteristiche litostratigrafiche caratterizzanti, dal punto di vista geologico, l'area in esame.

- **Orizzonte 1:** da 0,00 m a -0,80/-1,00 m dal p.c

Riporto



- **Orizzonte 2:** da -0,80/-1,00 m a -2,40 m dal p.c.
Litotipi argillo-limosi a componente sia coesiva che granulare maggiormente limosi nella CPT1 (più vicina al Torrente Senio). I valori di Q_c sono mediamente tra i 10 e 20 kg/cm²
- **Orizzonte 3:** da -2,40 m a -3,20 m dal p.c.
Litotipi sabbio-limosi a componente granulare prevalente. I valori di Q_c sono mediamente compresi tra 20 e 30 kg/cm².
- **Orizzonte 4:** da -3,20 m a -5,20 m dal p.c.
Litotipi argillosi e argillo-limosi a componente sia coesiva che granulare. I valori di Q_c sono mediamente inferiori a 20 kg/cm².
- **Orizzonte 5:** da -5,20 m a -6,40/-6,60 m dal p.c.
Litotipi sabbiosi e sabbio-limosi a prevalente componente granulare. I valori di Q_c sono mediamente superiori a 30 kg/cm².
- **Orizzonte 6:** da -6,40/-6,60 m a -9,80/-10,00 m dal p.c.
Litotipi argillosi a componente coesiva prevalente. I valori di Q_c sono mediamente inferiori a 10 kg/cm².
- **Orizzonte 7:** da -9,80/-10,00 m a -13,80/-14,80 m dal p.c.
Litotipi argillosi a frazione organica a prevalente componente coesiva. I valori di Q_c sono mediamente compresi tra 10 e 15 kg/cm²
- **Orizzonte 8:** da -13,80/-14,80 m a -14,40/-15,60 m dal p.c..
Litotipi sabbiosi e sabbio-limosi a prevalente componente granulare. I valori di Q_c sono mediamente superiori a 20 kg/cm².
- **Orizzonte 9:** da -14,40/-15,60 m a -15,40/-16,00 m dal p.c.
Litotipi argillosi e argillo-limosi a componente coesiva prevalente. I valori di Q_c sono mediamente inferiori a 20 kg/cm²
- **Orizzonte 10:** da -15,40/-16,00 m a -23,60 m dal p.c.
Litotipi sabbiosi e sabbio-limosi a componente sia coesiva che granulare. I valori di Q_c sono mediamente superiori a 70 kg/cm² in corrispondenza dei livelli maggiormente granulari e mediamente tra i 30 e 50 kg/cm² in corrispondenza dei livelli più coesivi.
- **Orizzonte 11:** da -23,60 m a -28,20 m dal p.c.
Litotipi limosi e limo sabbiosi a componente sia coesiva che granulare. I valori di Q_c sono mediamente inferiori a 60 kg/cm²
- **Orizzonte 12:** da -28,20 m a -29,60 dal p.c. (fine prova). I valori di Q_c sono mediamente inferiori a 60 kg/cm²
- Litotipi sabbiosi a prevalente componente granulare. I valori di Q_c sono mediamente inferiori a 130 kg/cm²



Tale assetto litostratigrafico si inserisce correttamente nel quadro geologico ed evolutivo (geomorfologico) locale già descritto, come confermato anche dall'analisi delle indagini bibliografiche in possesso nelle dintorni dell'area di studio.

Data la presenza dei terreni coesivi, ovvero di argille è perciò normale attendersi compressibilità/cedevolezza elevata ed una maturazione dei cedimenti che potrà avvenire in tempi anche lunghi. Circa l'entità dei cedimenti e le metodologie e tempistiche di maturazione degli stessi, allo stato attuale delle conoscenze, non avendo a disposizione dati edometrici di laboratorio (derivanti da analisi dirette su campioni di terreno indisturbati raccolti in loco), non è possibile aggiungere niente di più preciso; tale tematica dovrà comunque essere attentamente considerata. In tutti i casi occorrerà attentamente valutare le modalità di interazione fra la struttura da realizzare, le derivanti sovrappressioni che saranno trasmesse ai terreni fondali e le caratteristiche geotecniche dei terreni stessi.

Tale assetto litostratigrafico si inserisce correttamente nel quadro geologico ed evolutivo (geomorfologico) locale già descritto, come confermato anche dall'analisi delle indagini bibliografiche, la cui ubicazione è riportata in allegato.

Nel dettaglio si può osservare quanto segue:

- I litotipi coesivi sono quelli che, dal punto di vista di un intervento di edificazione caratterizzano l'area in esame dal punto di vista fisico-geotecnico, per tali litotipi le condizioni sature (non drenate, $\phi = 0$) caratterizzanti l'area in esame costituiscono particolare aggravio per la stabilità delle strutture e/o per l'insorgenza dei cedimenti, nonché per la prolungata durata nel tempo dello svilupparsi di tali cedimenti. Infatti la natura stessa dei litotipi argillosi non consente la rapida dissipazione delle sovrappressioni (date dai carichi gravanti). Il tema dei cedimenti secondari/o a lungo termine dovrà essere attentamente considerato.
- Le eventuali e normali/naturali variazioni del livello della falda freatica potranno dar origine a fenomeni di rigonfiamenti e ritiri per i terreni in oggetto. Si ritiene che tale fenomeno debba essere tenuto in considerazione e controllato. Le strutture fondali dovranno essere sufficientemente rigide da sopportare le suddette variazioni di volume (che potranno svilupparsi in maniera "ritmica" o regolare, ma anche in maniera imprevedibile) e le strutture in elevazione dovranno essere dotate di accorgimenti che consentano di non danneggiarsi (anche relativamente a finiture e/o impianti) in caso delle citate variazioni di volume dei terreni fondali.
- Le variazioni del livello della falda superficiale potranno anche causare variazioni delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati a queste stesse variazioni, che normalmente si svilupperanno in penalizzazioni in caso di imbibimento, ovvero di avvicinamento del livello della falda al p.c.
- Nel complesso, si ritiene che l'area in esame non presenti rischi derivanti da fenomeni di liquefazione all'atto di un eventuale episodio sismico se non trascurabili. L'argomento verrà comunque trattato all'apposito punto della presente relazione, al quale si rimanda.



FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Per una puntuale individuazione della stratigrafia rilevata si rimanda alle apposite schede di restituzione stratigrafica presenti all'apposito allegato della seguente Relazione di Modellazione Geotecnica (dove si riportano anche le schede descrittive dell'indagine penetrometrica eseguita e della metodologia utilizzata). Più approfondite considerazioni di natura geotecnica sono proprie e saranno quindi riportate nella Relazione di Modellazione Geotecnica all'atto della presentazione della domanda di autorizzazione sismica.

È comunque raccomandabile porre attenzione, durante la fase esecutiva alla validazione del modello testè descritto. E cioè verificare se quanto rilevabile anche solo superficialmente, in fase di scavo delle eventuali strutture fondali sia sufficientemente aderente a quanto descritto. Nel caso invece si individuasse la presenza di situazioni anomale localizzate e non previste, sarà opportuno e doveroso procedere ad una rivisitazione critica del modello proposto e/o individuare opportuni provvedimenti atti a "recuperare" la funzionalità di ogni eventuale fase progettuale/ realizzativa.



5. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA “PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE” DEL SITO DI COSTRUZIONE

La classificazione sismica dell'area in esame è basata sui contenuti del D.M. 14/01/08- N.T.C. ed è stata individuata sulla base di una misura sismica passiva locale, di tipo H/V (di cui si dirà oltre) realizzata tramite apparecchiatura tromografica TROMINO © di costruzione MICROMED (e restituzione dei dati mediante apposito software GRILLA ©- MICROMED).

5.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA TROMOGRAFICA E HVSR E SCOPO DELL'INDAGINE

La metodologia tromografica si basa sulla misura diretta delle frequenze di naturale vibrazione dei suoli (e/o di altri oggetti poggianti direttamente o indirettamente sul suolo), sfruttando in pratica l'effetto pendolo. Nel dominio della frequenza vengono coinvolti quattro spettri rappresentati dalle componenti orizzontali e verticali del moto in superficie (HS e VS) e alla base dello strato (HB e VB). La tecnica di Nakamura si basa sulle seguenti ipotesi: le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde; le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base; la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale. Sotto queste ipotesi, il rapporto fra le componenti verticali del moto in superficie ed alla base contiene solo termini delle sorgenti locali $AS(f)$ e delle sorgenti alla base $AB(f)$, ed è pari a: $R_v(f) = Vs(f)/V_B(f_\omega) = As(f)/A_B(f)$. Mentre il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (HS) e alla base dello strato (HB), contiene oltre che il termine di sorgente anche il termine di amplificazione di sito in superficie $S(f)$ e può essere espresso nel seguente modo: $R_h(f) = Hs(f)/H_B(f) = [As(f) * Ss(f)] / A_b(f)$. Per rimuovere l'effetto di sorgente dai segnali, Nakamura divide i due rapporti R fra loro ottenendo così la seguente espressione per la funzione trasferimento di sito: $R_h(f)/R_v(f) = Ss(\omega) = Hs(f)/H_B(f) * V_B(f)/Vs(f)$. Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè: $V_B(f)/H_B(f) = 1$. il fattore di amplificazione del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo: $S(f) = Hs(f)/Vs(f)$. Le varie ipotesi sono state verificate dallo stesso Nakamura (1989) con misure di microtremori in superficie e in pozzo. Le stesse assunzioni sono state verificate anche da altri autori confrontando i risultati ottenuti con modelli di propagazione di onde di Rayleigh, modelli di propagazione 1-D di onde S e con modelli di generazione sintetica di rumore. Le conclusioni a cui sono giunti gli studi suddetti sono che il picco visibile nei rapporti H/V ottenuti con il rumore simulato è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore e che dipende invece fortemente dalla stratigrafia del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di risonanza del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. La misura è stata eseguita con un apparecchio portatile compatto (TROMINO MICROMED) che alloggia in un unico contenitore rigido metallico tre sensori sismometrici, un digitalizzatore a 24 bit ed il sistema di archiviazione su *flash memory*. Tutte le operazioni descritte



sono state fatte prevalentemente in campagna, mediante un programma applicativo appositamente implementato. Questo ha permesso di avere già al sito la possibilità di verificare le misure effettuate ed eventualmente ripeterle. La misura di microtremori è infatti soggetta ad influenze ambientali (vento, pioggia, copertura artificiale dei terreni, ecc.): per una descrizione dettagliata dei problemi legati alla corretta effettuazione delle misure si veda Mucciarelli (1998). Di seguito si riporta una succinta bibliografia di riferimento circa metodologia, utilizzo e restituzione della metodologia tomografica: Mucciarelli, M. (1998). Reliability and applicability range of Nakamura's technique using microtremors: an experimental approach, *J. Earthquake Engin.*, Vol. 2, n. 4, 1-14. Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *QR Railway Tech. Res. Inst.* 30, 1.

Lo scopo della misura eseguita è l'individuazione dei seguenti parametri caratteristici dell'area in esame:

1. Vs30 e conseguente categoria sismica dei suoli di fondazione, secondo i contenuti del D.M. 14/01/08- N.T.C.
2. Frequenza propria (di vibrazione) dei suoli di fondazione;

In seguito si riportano anche gli altri parametri di caratterizzazione sismica per l'area in esame, come "richiesti" dalle N.T.C.

L'indagine tomografica si è appoggiata alle conoscenze stratigrafiche locali derivanti dall'esecuzione dell'indagine penetrometrica statica. Ciò è indispensabile data la natura della strumentazione utilizzata e date le possibilità offerte dalle esperienze di Nakamura (et Alii), di cui si è sopra già ampiamente riportato. È importante far osservare come uno strumento tomografico sia l'unica strumentazione in grado di misurare la frequenza propria di oscillazione dei terreni. Da tali dati si possono poi ricostruire tutte le altre componenti caratterizzanti dal punto di vista sismico i terreni di un'area (e sopra indicati). La possibilità di risalire ai dati di Vs30 conoscendo le frequenze tipiche di un suolo e gli spessori (profondità) dei suoi riflettori sismici, discende dalle esperienze di Nakamura e del derivato metodo HSVR precedentemente descritto. Il metodo di indagine utilizzato presuppone alcune approssimazioni legate ad esempio al fatto che le velocità di propagazione delle onde sismiche provocate aumentano dall'alto verso il basso (per questo il metodo consente la determinazione delle velocità intese come medie del volume di terra indagato non avendo un grado di definizione elevato); le velocità Vs così misurate sono comunque significative, trattandosi pur sempre di una misura diretta. Nei grafici H/V – f, che verranno in seguito riportati, si individuano le varie frequenze tipiche dei terreni di fondazione, dato di notevole importanza per una accurata progettazione delle strutture da realizzarsi sull'area in esame. Soprattutto in considerazione della tipologia strutturale da realizzarsi, si dovranno evitare accoppiamenti fra le modalità di vibrazione delle strutture (prevedibili in fase di progettazione) e le modalità di vibrazione dei terreni di fondazione, di cui sopra.



5.2 RISULTATI DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA

La misura tromografica individua valori di **Vs30** pari a **206 m/s**. La misura individua quindi i terreni di fondazione come classificabili nella **categoria** di riferimento **C**.

Tale categoria è descritta come: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ KPa (0,70- 2,50 Kg/cm² circa).

Relativamente all'attendibilità del suddetto valore di Vs30, è comunque chiaro che ogni metodologia d'indagine che attiene al "campo" geologico (ancor più se si tratta di un metodo geofisico) è normalmente/fisiologicamente "afflitta" da una aliquota di imprecisione/indeterminatezza e poiché per il metodo in oggetto Autori quali S. Castellaro riportano valori pari al +/-15/20%, sarà il caso di valutare l'influenza di tale errore sui valori sopra riportati. In relazione quindi ai valori di Vs30, questi potrebbero essere compresi fra 164 m/s nel peggiore dei casi (e quindi Categoria D) circa e 247 m/s circa (e quindi sempre Categoria C). Si precisa inoltre che dall'analisi del documento del PSC, ed in particolare della relazione "Analisi sismica", conferma la categoria di suolo sopra indicata. Nel territorio del comune di Alfonsine infatti, tutte e tre le indagini sismiche eseguite hanno dato come risultato la definizione di una categoria di suolo C (rif. pg. 16 e relative tracce 22, 24 e 25 in allegato alla relazione sismica).

Pertanto di seguito si assumerà la categoria C proposta (ferma restando la possibilità di una differente valutazione da parte dei Progettisti, nel qual caso quanto riportato all'apposito paragrafo di individuazione dei parametri sismici perderà ogni validità).

5.3 RESTITUZIONE DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA

GRILLA FOLDER, ALFONSINE-FARMACIA SARA

Instrument: TRZ-0009/01-09

Start recording: 19/06/13 12:58:12 End recording: 19/06/13 13:18:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h20'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

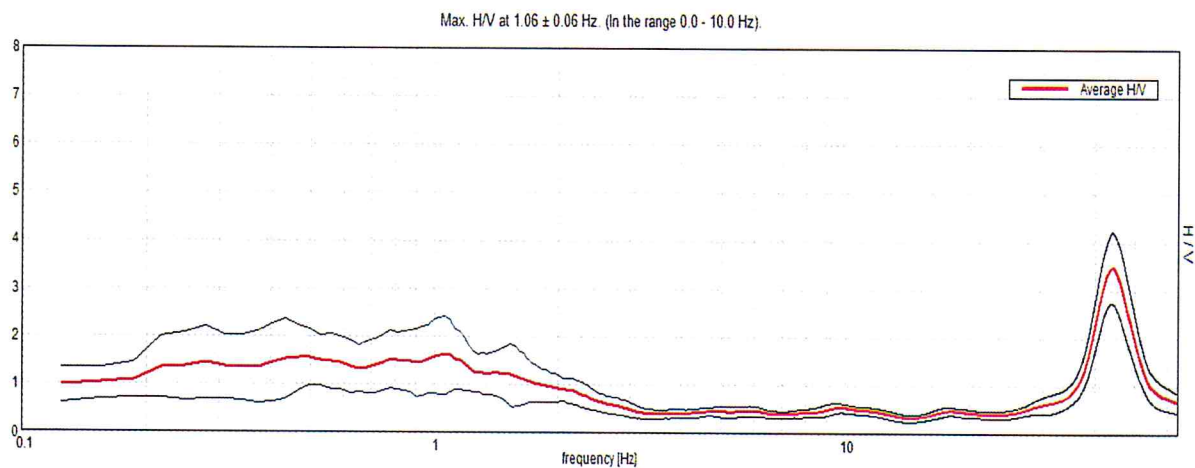
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

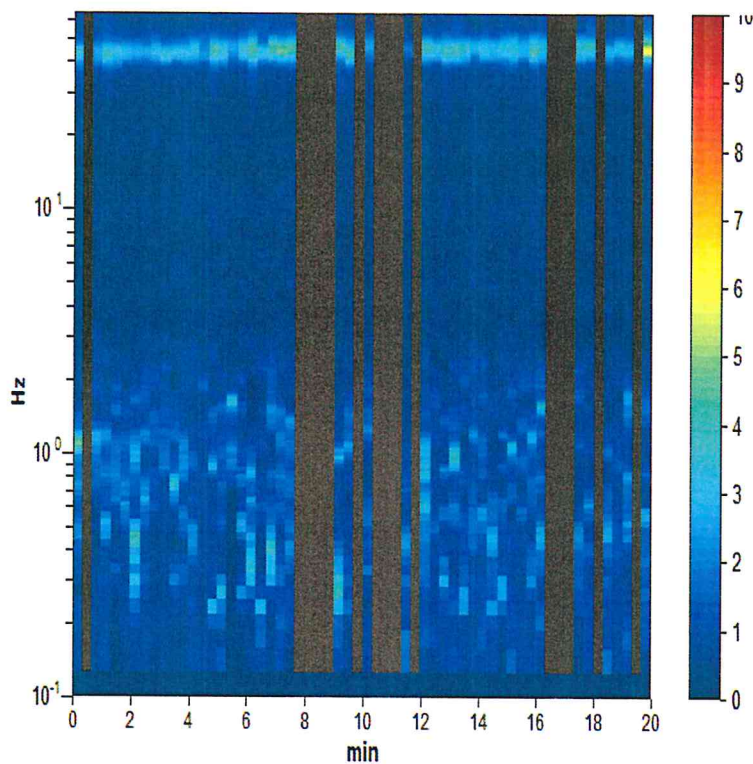
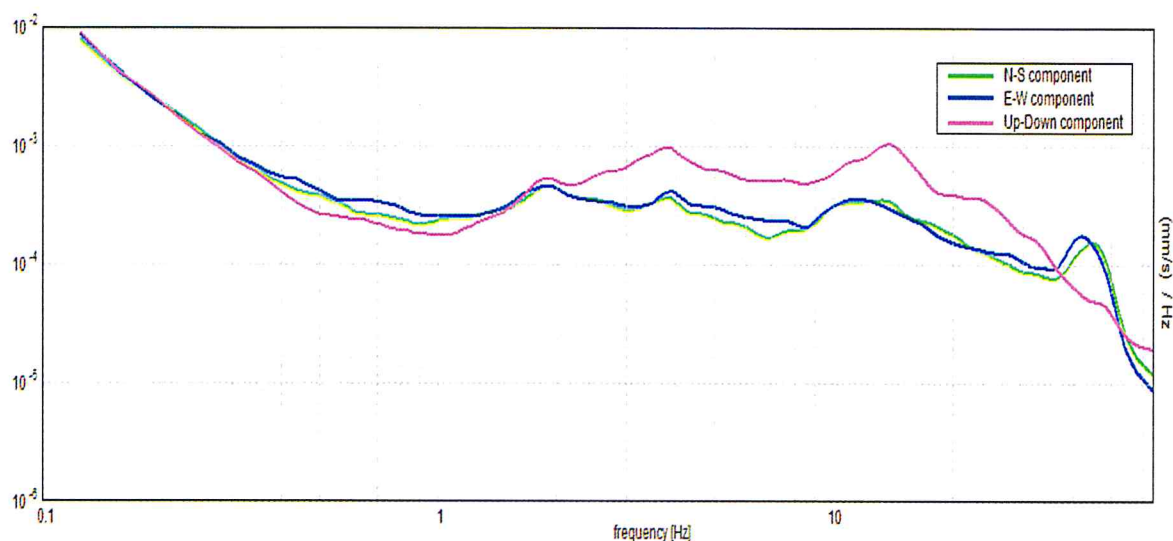


Figura 13 - Restituzione dell'elaborazione dell'indagine sismografica.

FARMACIA LUGARES!
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.06 ± 0.06 Hz. (in the range 0.0 - 10.0 Hz)

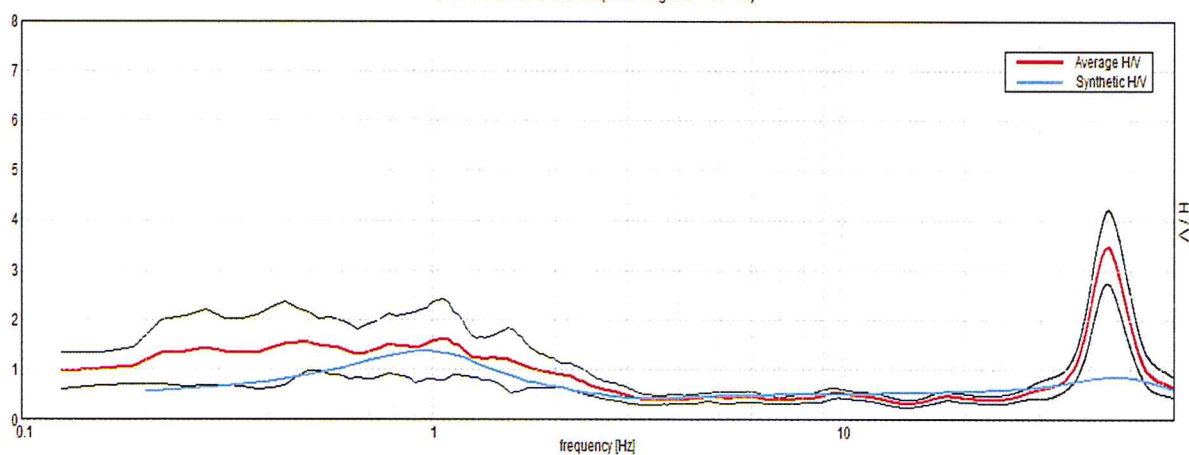


Figura 14 – Restituzione dell'elaborazione dell'indagine tromografica.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.80	0.80	150
1.80	1.00	225
26.80	25.00	200
76.80	50.00	300
inf.	inf.	400

Tab. 1: restituzione dello spessore dei "sismo- strati". È evidente come la profondità di indagine sia maggiore dei 30 m prescritti.

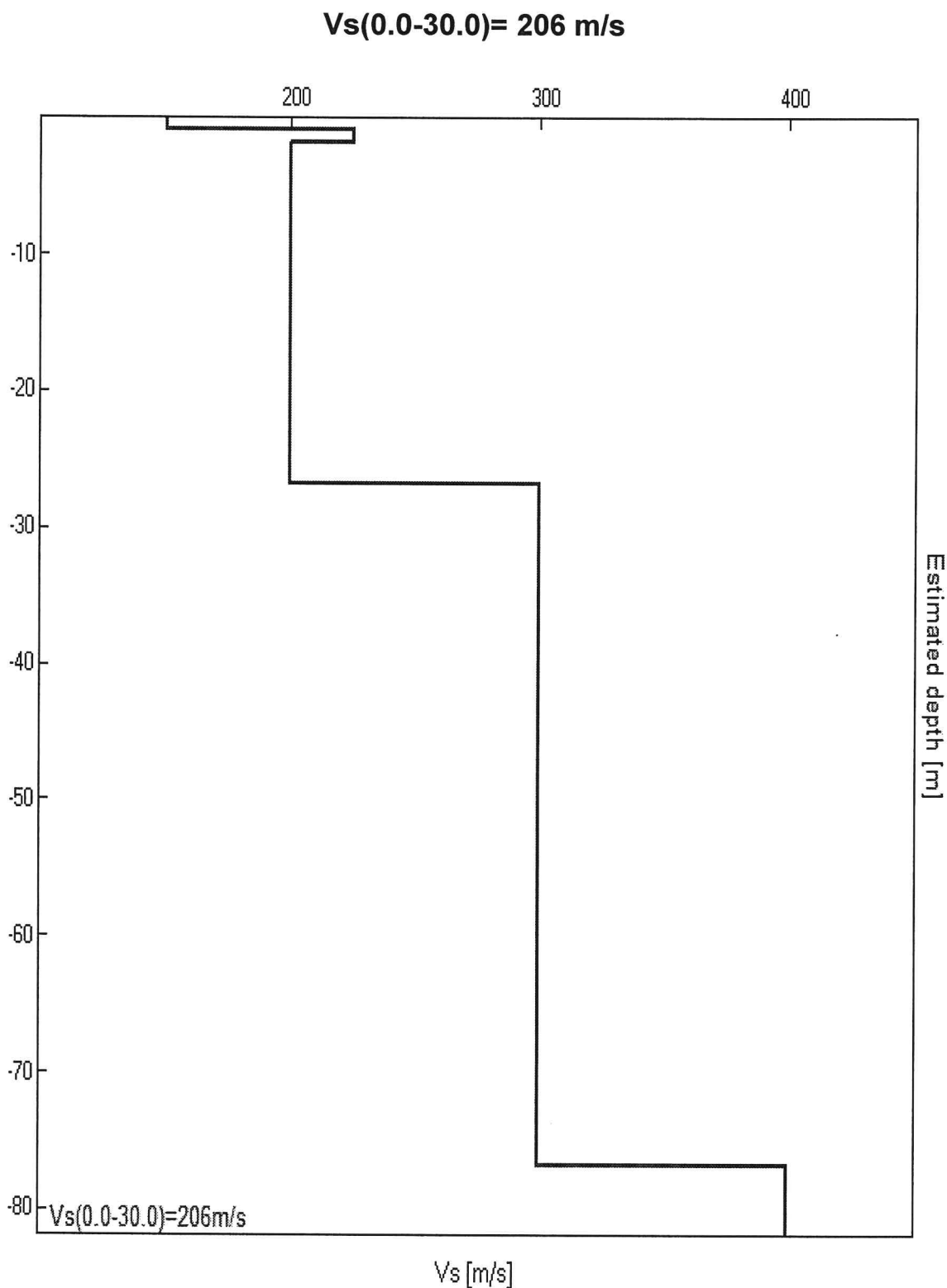


Figura 15 – Individuazione grafica dello spessore dei “sismo- strati”.

[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$956.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 52 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.61 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05261 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0559 < 0.10625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8035 < 1.78$	OK	

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

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

Tab. 2: descrizione della restituzione dell'indagine tromografica: si sono rispettate tutte le "richieste" del protocollo SESAME a conferma del fatto che la restituzione dell'indagine tromografica eseguita è avvenuta nel migliore dei modi anche dal punto di vista teorico- formale.

Max. H/V at 1.06 ± 0.06 Hz. (in the range 0.0 - 10.0 Hz).
Frequenza caratteristica del terreno di fondazione

Circa la congruenza (che è sempre bene verificare data la non infallibilità delle indagini geo fisiche) con la sopra riportata Classificazione (Categoria C) ed i terreni di fondazione come descrivibili dalle risultanze delle prove C.P.T., occorre osservare che il D.M. descrive i terreni di Categoria C come:



FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con l'aumentare della profondità e da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/s (ovvero $70 < Cu < 250$ Kpa ovvero 0,70- 2,50 Kg/cm² circa). Dal punto di vista geotecnico tale descrizione pare adattarsi sufficientemente bene ai terreni in esame.

5.4 ULTERIORI ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE

Si è provveduto a caratterizzare l'area d'indagine secondo i contenuti delle N.T.C., tale caratterizzazione viene riportata di seguito, fra gli altri si è utilizzato il Software Geostru PS ® (free-share disponibile on-line).

Cerca Posizione	
Via	Corso Garibaldi n°
Comune	Alfonsine Cap 48011
Provincia	Ravenna
<input type="button" value="Cerca"/>	
Coordinate WGS84	
Latitudine	
Longitudine	
<input type="button" value="Cerca"/>	
Isole	-- Seleziona --

Coordinate WGS84
44,500561 N; 12,044279 E

Coordinate ED50
44,501494 N; 12,045256 E

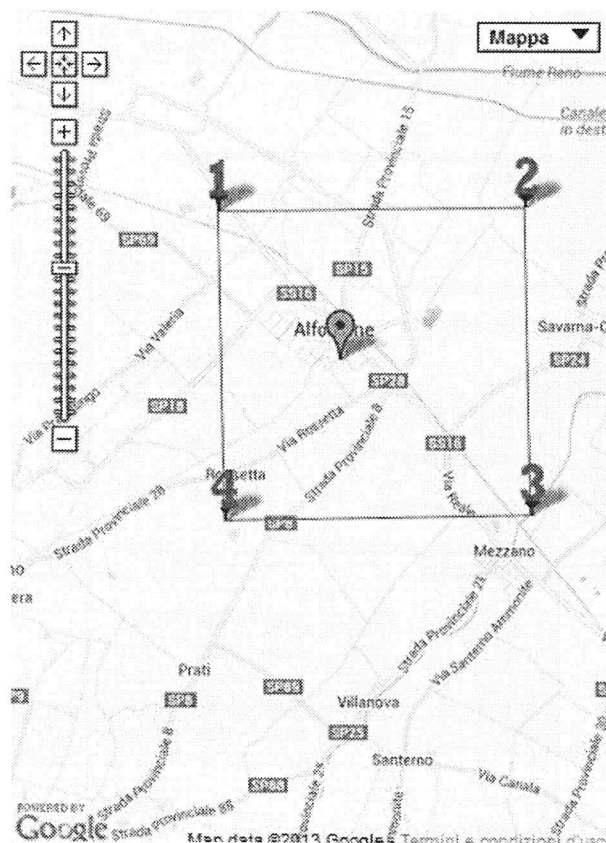


Figura 16 – Ubicazione dell'area in esame sui vertici della rete sismica nazionale.



FARMACIA LUGARESI
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Cerca Posizione

Via n°

Comune Cap

Provincia

Coordinate WGS84

Latitudine

Longitudine

Isole

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84

Lat Long

(1)* Coordinate ED50

Lat Long


Classe dell'edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. speciali

Vita nominale

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione



44.500561, 12.044279

☒ Visualizza vertici della maglia di appartenenza

stato Limite	Tr [anni]	sa [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	30	0.048	2.454	0.260
Danno (SLD)	60	0.069	2.491	0.276
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.161	2.561	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.213	2.509	0.285
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

☐ Muri di sostegno ☒ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss*	1.50	1.50	1.45	1.38
Amplificazione stratigrafica	1.64	1.61	1.60	1.59
Co*	1.00	1.00	1.00	1.00
Amplificazione topografica				
St*				
Amplificazione topografica				
Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]	<input type="text" value="0.5"/>			

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.018	0.056	0.082
kw	0.007	0.009	0.028	0.041
Amas [m/s²]	0.699	0.867	2.293	2.884
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

* I valori di Ss, Co ed St possono essere variati

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Figura 17 - Ubicazione area ed individuazione dei parametri sismici.

FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,501494 [°]

longitudine: 12,045256 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	16740	44,525760	12,018030	3455,6
Sito 2	16741	44,526600	12,088120	4398,3
Sito 3	16963	44,476600	12,089330	4459,3
Sito 4	16962	44,475760	12,019290	3525,7

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,048	2,454	0,260
Danno (SLD)	63	50	0,059	2,491	0,276
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,161	2,561	0,278
Prevenzion e dal collasso (SLC)	5	975	0,213	2,509	0,285

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,014	0,007	0,699	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,018	0,009	0,867	0,200
SLV	1,450	1,600	1,000	0,056	0,028	2,293	0,240
SLC	1,380	1,590	1,000	0,082	0,041	2,884	0,280

Tabella 3 - Parametri e Coefficienti sismici N.B.: Stabilità Pendii = Fondazioni (come da N.T.C.).



FARMACIA LUGARES
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 44,501494
longitudine: 12,045256
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16740	Lat: 44,5258	Lon: 12,0180	Distanza: 3455,566
Sito 2	ID: 16741	Lat: 44,5266	Lon: 12,0881	Distanza: 4398,255
Sito 3	ID: 16963	Lat: 44,4766	Lon: 12,0893	Distanza: 4459,307
Sito 4	ID: 16962	Lat: 44,4758	Lon: 12,0193	Distanza: 3525,726

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,048 g
Fo: 2,454
Tc*: 0,260 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,059 g
Fo: 2,491
Tc*: 0,276 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,161 g
Fo: 2,561
Tc*: 0,278 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,213 g



FARMACIA LUGARES
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Fo: 2,509
Tc*: 0,285 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,640
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,699
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,610
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,867
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,450
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,056
Kv: 0,028
Amax: 2,293
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,380
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,082
Kv: 0,041
Amax: 2,884
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com



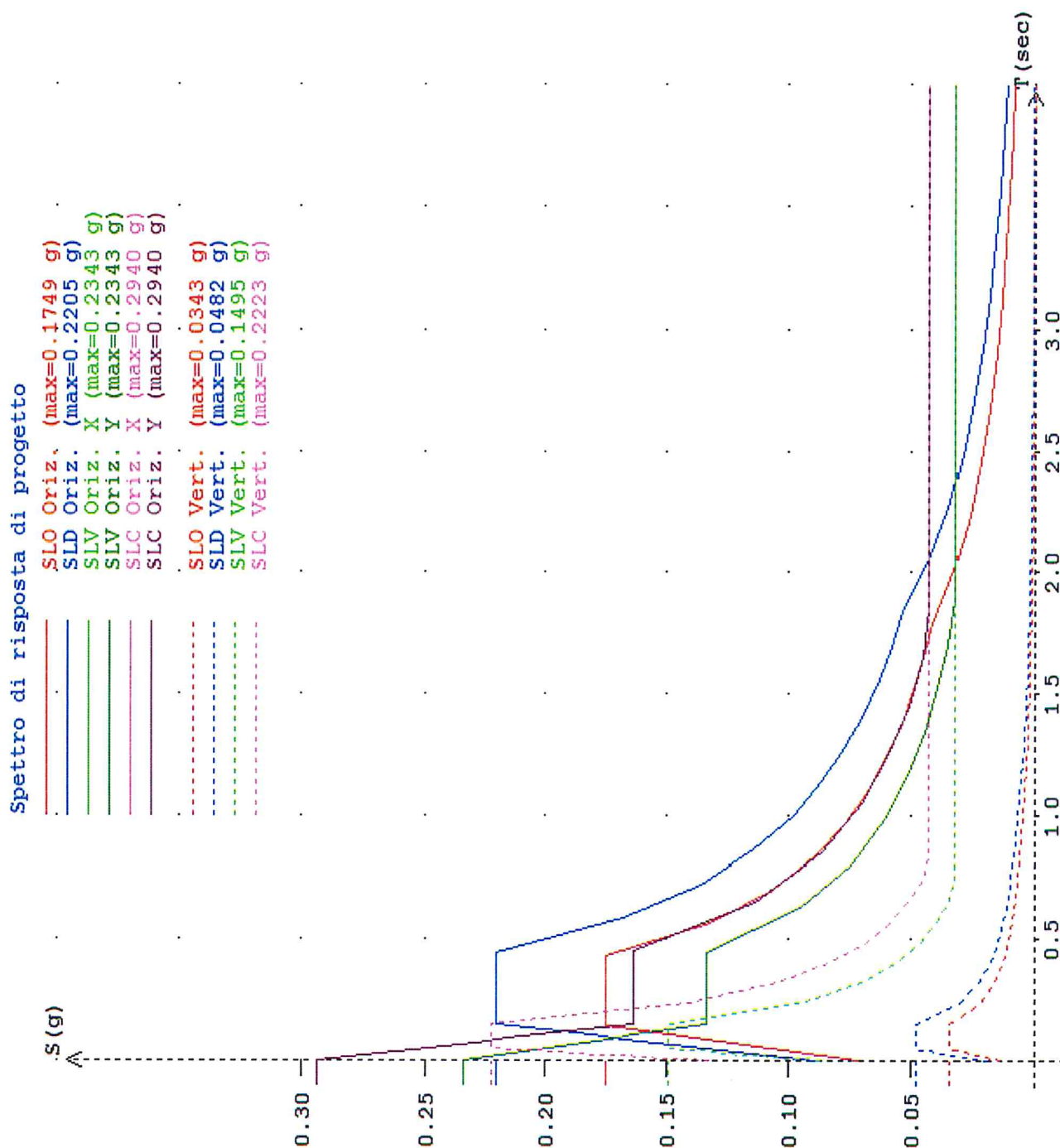


Figura 18 – Spettri di risposta dei vari stati limite

ESTEMAR S.R.L.
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI N.3 ALLOGGI A SCHIERA IN VIA DEGLI ORTI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Spettro di risposta di progetto SLO orizzontale

ag= 0.0476 g;
F0= 2.4522;
TC*= 0.2600 s;
TB= 0.1420 s;
TC= 0.4260 s;
TD= 1.7900 s;
S= 1.5000 ;
csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0713	69.9606
2	0.014200	0.0817	80.1203
3	0.028400	0.0921	90.2800
4	0.042600	0.1024	100.4397
5	0.056800	0.1128	110.5994
6	0.071000	0.1231	120.7591
7	0.085200	0.1335	130.9187
8	0.099400	0.1439	141.0784
9	0.113600	0.1542	151.2381
10	0.127800	0.1646	161.3978
11	0.142000	0.1749	171.5575
12	0.426000	0.1749	171.5575
13	0.562390	0.1325	129.9516
14	0.698780	0.1066	104.5873
15	0.835170	0.0892	87.5073
16	0.971560	0.0767	75.2228
17	1.107950	0.0673	65.9628
18	1.244340	0.0599	58.7327
19	1.380730	0.0540	52.9310
20	1.517120	0.0491	48.1725
21	1.653510	0.0451	44.1990
22	1.789900	0.0416	40.8333
23	1.790000	0.0416	40.8288
24	2.011000	0.0330	32.3481
25	2.232000	0.0268	26.2593
26	2.453000	0.0222	21.7409
27	2.674000	0.0187	18.2957
28	2.895000	0.0159	15.6090
29	3.116000	0.0137	13.4734
30	3.337000	0.0120	11.7479
31	3.558000	0.0105	10.3338
32	3.779000	0.0093	9.1605
33	4.000000	0.0083	8.1762

Spettro di risposta di progetto SLD orizzontale

ag= 0.0590 g;
F0= 2.4921;
TC*= 0.2800 s;
TB= 0.1490 s;
TC= 0.4470 s;
TD= 1.8360 s;
S= 1.5000 ;
csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0885	86.7594
2	0.014900	0.1017	99.7048
3	0.029800	0.1149	112.6502
4	0.044700	0.1281	125.5956
5	0.059600	0.1413	138.5409
6	0.074500	0.1545	151.4863
7	0.089400	0.1677	164.4317
8	0.104300	0.1809	177.3771
9	0.119200	0.1941	190.3224
10	0.134100	0.2073	203.2678
11	0.149000	0.2205	216.2132
12	0.447000	0.2205	216.2132
13	0.585890	0.1682	164.9581
14	0.724780	0.1360	133.3471
15	0.863670	0.1141	111.9030
16	1.002560	0.0983	96.4005
17	1.141450	0.0863	84.6706
18	1.280340	0.0770	75.4856
19	1.419230	0.0694	68.0984
20	1.558120	0.0633	62.0281
21	1.697010	0.0581	56.9515
22	1.835900	0.0537	52.6430
23	1.836000	0.0537	52.6401
24	2.052400	0.0430	42.1248
25	2.268800	0.0352	34.4723
26	2.485200	0.0293	28.7303
27	2.701600	0.0248	24.3120
28	2.918000	0.0213	20.8397
29	3.134400	0.0184	18.0615
30	3.350800	0.0161	15.8039
31	3.567200	0.0142	13.9446
32	3.783600	0.0126	12.3952
33	4.000000	0.0113	11.0903



FARMACIA LUGARES
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Spettro di risposta di progetto SLV orizzontale

ag= 0.1613 g;
F0= 2.5636;
TC*= 0.2800 s;
TB= 0.1490 s;
TC= 0.4470 s;
TD= 2.2450 s;
S= 1.4520 ;
q= 4.5000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.2343	229.7361
2	0.014900	0.2242	219.8503
3	0.029800	0.2141	209.9645
4	0.044700	0.2040	200.0787
5	0.059600	0.1939	190.1929
6	0.074500	0.1839	180.3071
7	0.089400	0.1738	170.4213
8	0.104300	0.1637	160.5355
9	0.119200	0.1536	150.6497
10	0.134100	0.1435	140.7639
11	0.149000	0.1335	130.8781
12	0.447000	0.1335	130.8781
13	0.626790	0.0952	93.3367
14	0.806580	0.0740	72.5316
15	0.986370	0.0605	59.3109
16	1.166160	0.0512	50.1668
17	1.345950	0.0443	43.4656
18	1.525740	0.0391	38.3437
19	1.705530	0.0350	34.3017
20	1.885320	0.0323	31.6441
21	2.065110	0.0323	31.6441
22	2.244900	0.0323	31.6441
23	2.245000	0.0323	31.6441
24	2.420500	0.0323	31.6441
25	2.596000	0.0323	31.6441
26	2.771500	0.0323	31.6441
27	2.947000	0.0323	31.6441
28	3.122500	0.0323	31.6441
29	3.298000	0.0323	31.6441
30	3.473500	0.0323	31.6441
31	3.649000	0.0323	31.6441
32	3.824500	0.0323	31.6441
33	4.000000	0.0323	31.6441

Spettro di risposta di progetto SLC orizzontale

ag= 0.2132 g;
F0= 2.5093;
TC*= 0.2828 s;
TB= 0.1500 s;
TC= 0.4510 s;
TD= 2.4530 s;
S= 1.3790 ;
q= 4.5000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.2940	288.2912
2	0.015000	0.2810	275.5378
3	0.030000	0.2680	262.7845
4	0.045000	0.2550	250.0311
5	0.060000	0.2420	237.2778
6	0.075000	0.2290	224.5244
7	0.090000	0.2159	211.7710
8	0.105000	0.2029	199.0177
9	0.120000	0.1899	186.2643
10	0.135000	0.1769	173.5109
11	0.150000	0.1639	160.7576
12	0.451000	0.1639	160.7576
13	0.651190	0.1135	111.3372
14	0.851380	0.0868	85.1578
15	1.051570	0.0703	68.9461
16	1.251760	0.0591	57.9198
17	1.451950	0.0509	49.9340
18	1.652140	0.0447	43.8835
19	1.852330	0.0426	41.8116
20	2.052520	0.0426	41.8116
21	2.252710	0.0426	41.8116
22	2.452900	0.0426	41.8116
23	2.453000	0.0426	41.8116
24	2.607700	0.0426	41.8116
25	2.762400	0.0426	41.8116
26	2.917100	0.0426	41.8116
27	3.071800	0.0426	41.8116
28	3.226500	0.0426	41.8116
29	3.381200	0.0426	41.8116
30	3.535900	0.0426	41.8116
31	3.690600	0.0426	41.8116
32	3.845300	0.0426	41.8116
33	4.000000	0.0426	41.8116



ESTEMAR S.R.L.
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI N.3 ALLOGGI A SCHIERA IN VIA DEGLI ORTI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Spettro di risposta di progetto SLO verticale

ag= 0.0476 g;
TC*= 0.2600 s;
Fv= 0.7220;
TB= 0.0500 s;
TC= 0.1500 s;
TD= 1.0000 s;
Ss= 1.0000 ;
csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0140	13.7323
2	0.005000	0.0160	15.7265
3	0.010000	0.0181	17.7207
4	0.015000	0.0201	19.7149
5	0.020000	0.0221	21.7091
6	0.025000	0.0242	23.7034
7	0.030000	0.0262	25.6976
8	0.035000	0.0282	27.6918
9	0.040000	0.0303	29.6860
10	0.045000	0.0323	31.6802
11	0.050000	0.0343	33.6744
12	0.150000	0.0343	33.6744
13	0.234990	0.0219	21.4952
14	0.319980	0.0161	15.7859
15	0.404970	0.0127	12.4729
16	0.489960	0.0105	10.3093
17	0.574950	0.0090	8.7854
18	0.659940	0.0078	7.6540
19	0.744930	0.0069	6.7807
20	0.829920	0.0062	6.0863
21	0.914910	0.0056	5.5209
22	0.999900	0.0052	5.0522
23	1.000000	0.0052	5.0512
24	1.300000	0.0030	2.9889
25	1.600000	0.0020	1.9731
26	1.900000	0.0014	1.3992
27	2.200000	0.0011	1.0436
28	2.500000	0.0008	0.8082
29	2.800000	0.0007	0.6443
30	3.100000	0.0005	0.5256
31	3.400000	0.0004	0.4370
32	3.700000	0.0004	0.3690
33	4.000000	0.0003	0.3157

Spettro di risposta di progetto SLD verticale

ag= 0.0590 g;
TC*= 0.2800 s;
Fv= 0.8170;
TB= 0.0500 s;
TC= 0.1500 s;
TD= 1.0000 s;
Ss= 1.0000 ;
csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0193	18.9619
2	0.005000	0.0222	21.7912
3	0.010000	0.0251	24.6205
4	0.015000	0.0280	27.4498
5	0.020000	0.0309	30.2791
6	0.025000	0.0338	33.1084
7	0.030000	0.0366	35.9377
8	0.035000	0.0395	38.7671
9	0.040000	0.0424	41.5964
10	0.045000	0.0453	44.4257
11	0.050000	0.0482	47.2550
12	0.150000	0.0482	47.2550
13	0.234990	0.0308	30.1640
14	0.319980	0.0226	22.1522
15	0.404970	0.0178	17.5031
16	0.489960	0.0148	14.4670
17	0.574950	0.0126	12.3285
18	0.659940	0.0110	10.7407
19	0.744930	0.0097	9.5153
20	0.829920	0.0087	8.5409
21	0.914910	0.0079	7.7475
22	0.999900	0.0072	7.0897
23	1.000000	0.0072	7.0882
24	1.300000	0.0043	4.1942
25	1.600000	0.0028	2.7688
26	1.900000	0.0020	1.9635
27	2.200000	0.0015	1.4645
28	2.500000	0.0012	1.1341
29	2.800000	0.0009	0.9041
30	3.100000	0.0008	0.7376
31	3.400000	0.0006	0.6132
32	3.700000	0.0005	0.5178
33	4.000000	0.0005	0.4430



FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Spettro di risposta di progetto SLV verticale

ag= 0.1613 g;
 TC*= 0.2800 s;
 Fv= 1.3900;
 TB= 0.0500 s;
 TC= 0.1500 s;
 TD= 1.0000 s;
 Ss= 1.0000 ;
 q= 1.5000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.0875	85.7881
2	0.005000	0.0937	91.8711
3	0.010000	0.0999	97.9540
4	0.015000	0.1061	104.0370
5	0.020000	0.1123	110.1199
6	0.025000	0.1185	116.2029
7	0.030000	0.1247	122.2858
8	0.035000	0.1309	128.3688
9	0.040000	0.1371	134.4517
10	0.045000	0.1433	140.5347
11	0.050000	0.1495	146.6177
12	0.150000	0.1495	146.6177
13	0.234990	0.0954	93.5897
14	0.319980	0.0701	68.7313
15	0.404970	0.0554	54.3069
16	0.489960	0.0458	44.8866
17	0.574950	0.0390	38.2514
18	0.659940	0.0340	33.3252
19	0.744930	0.0323	31.6441
20	0.829920	0.0323	31.6441
21	0.914910	0.0323	31.6441
22	0.999900	0.0323	31.6441
23	1.000000	0.0323	31.6441
24	1.300000	0.0323	31.6441
25	1.600000	0.0323	31.6441
26	1.900000	0.0323	31.6441
27	2.200000	0.0323	31.6441
28	2.500000	0.0323	31.6441
29	2.800000	0.0323	31.6441
30	3.100000	0.0323	31.6441
31	3.400000	0.0323	31.6441
32	3.700000	0.0323	31.6441
33	4.000000	0.0323	31.6441

Spettro di risposta di progetto SLC verticale

ag= 0.2132 g;
 TC*= 0.2828 s;
 Fv= 1.5640;
 TB= 0.0500 s;
 TC= 0.1500 s;
 TD= 1.0000 s;
 Ss= 1.0000 ;
 q= 1.5000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.1329	130.3021
2	0.005000	0.1418	139.0697
3	0.010000	0.1508	147.8372
4	0.015000	0.1597	156.6048
5	0.020000	0.1686	165.3724
6	0.025000	0.1776	174.1400
7	0.030000	0.1865	182.9076
8	0.035000	0.1955	191.6752
9	0.040000	0.2044	200.4428
10	0.045000	0.2133	209.2104
11	0.050000	0.2223	217.9780
12	0.150000	0.2223	217.9780
13	0.234990	0.1419	139.1408
14	0.319980	0.1042	102.1836
15	0.404970	0.0823	80.7386
16	0.489960	0.0680	66.7334
17	0.574950	0.0580	56.8688
18	0.659940	0.0505	49.5450
19	0.744930	0.0448	43.8923
20	0.829920	0.0426	41.8116
21	0.914910	0.0426	41.8116
22	0.999900	0.0426	41.8116
23	1.000000	0.0426	41.8116
24	1.300000	0.0426	41.8116
25	1.600000	0.0426	41.8116
26	1.900000	0.0426	41.8116
27	2.200000	0.0426	41.8116
28	2.500000	0.0426	41.8116
29	2.800000	0.0426	41.8116
30	3.100000	0.0426	41.8116
31	3.400000	0.0426	41.8116
32	3.700000	0.0426	41.8116
33	4.000000	0.0426	41.8116



5.5 STORIA SISMICA LOCALE

L'Emilia- Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,50 e 6 e intensità massime risentite del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico. Tale sismicità è dovuta al processo ancora attivo di costruzione della catena appenninica. In particolare risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza- Parma, Reggio Emilia e di Ferrara. (Boccaletti et al., 2004).

A seguito del terremoto del Molise del 2002, è stata elaborata una nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale e la progettazione in zona sismica non è più effettuata secondo zone di pari sismicità ma viene effettuata a partire dai valori assoluti di scuotimento del suolo attesi secondo la nuova mappa di pericolosità sismica (che verranno riportate alle figure seguenti). Il territorio del Comune di Alfonsine è classificato come zona di media Intensità Sismica, ovvero 2, come da O.P.C.M. 3274/2003 (Figura 20) e ad esso (per la maggior parte) è associato un valore di accelerazione massima al suolo compreso tra 0,150 e 0,175 g (Figura 21).

Il territorio del Comune di Alfonsine è classificato (Zona Sismica 2), l'Intensità Massima I_{Max} attesa è pari a 9. La Zona Sismogenetica (ZS9) di riferimento è la 912.

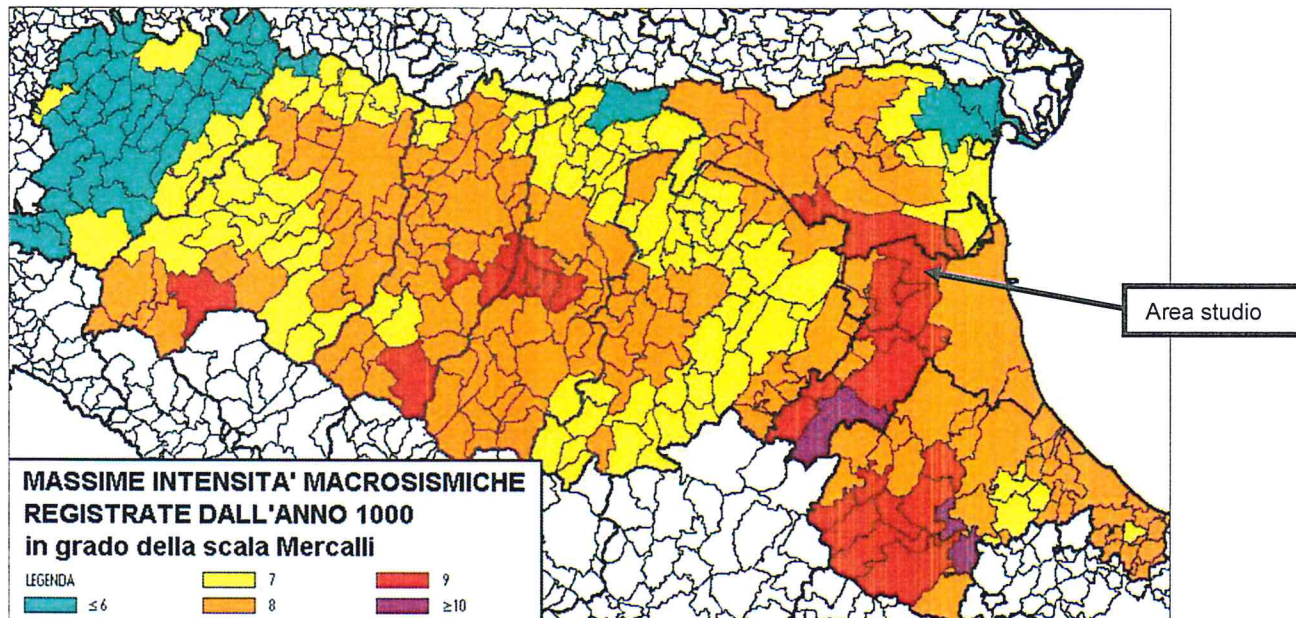


Figura 19 – Intensità sismiche della Regione Emilia- Romagna.

FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

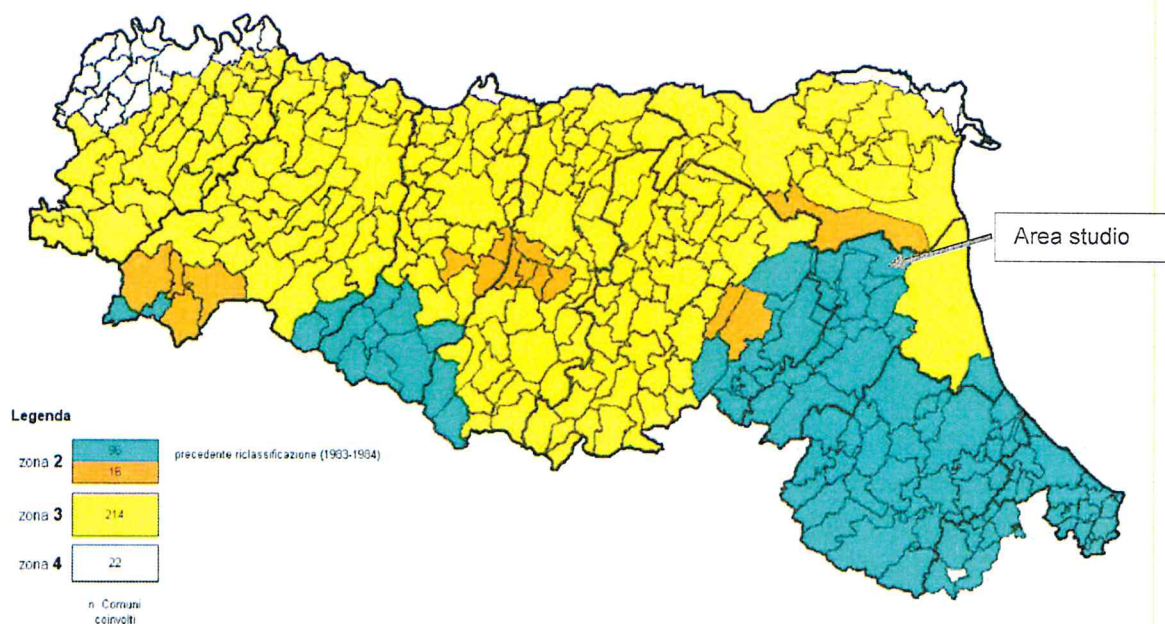


Figura 20 – Classificazione sismica del territorio regionale secondo l'OPCM 3274/2003. Il Comune di Alfonsine viene attribuito alla zona 2.

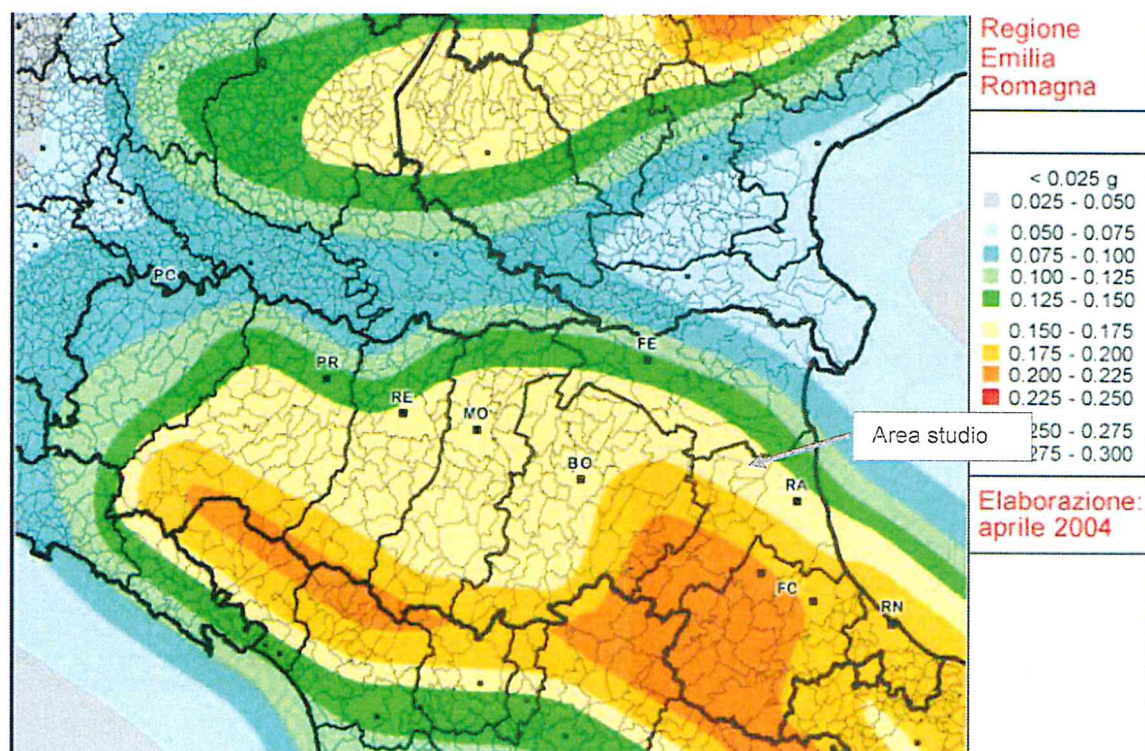


Figura 21 – Mappa di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Cat. A). All'area del Comune di Alfonsine è associata un'accelerazione compresa tra 0,150 e 0,175 g. (Meletti & Montalbo, 2007).

ESTEMAR S.R.L.
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI N.3 ALLOGGI A SCHIERA IN VIA DEGLI ORTI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani DBMI04, l'area del Comune Alfonsine ha registrato nel tempo gli eventi sismici riportati nelle figure di seguito.

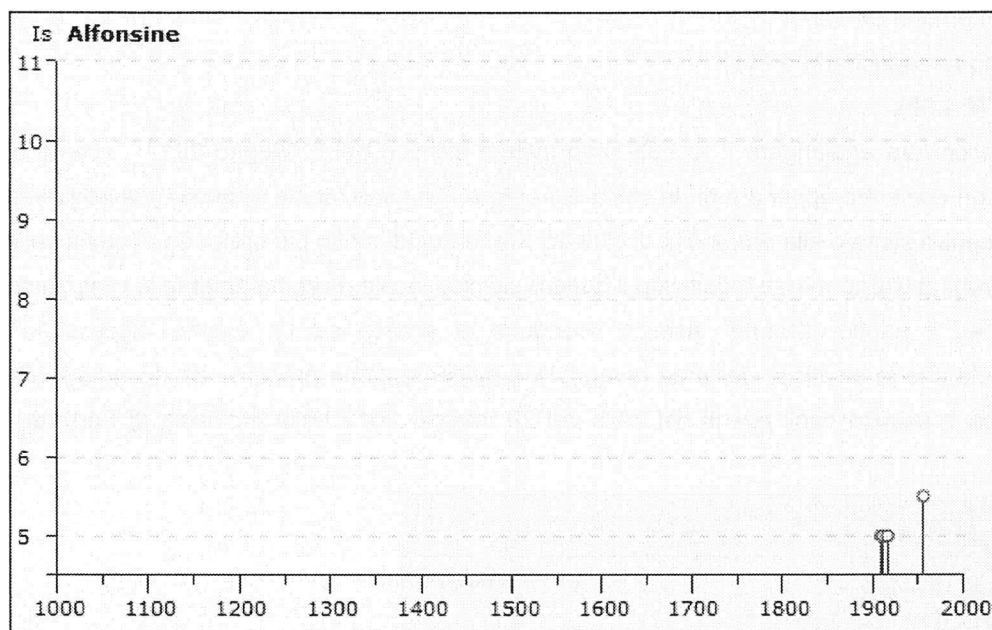


Figura 22 – Elenco dei terremoti per il Comune di Alfonsine.

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
4	1875	03	17	23	51	Romagna sud-orient.	143	8	5.74
4	1898	01	16	12	10	Romagna settent.	73	7	5.03
NF	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
5	1909	01	13	00	45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53
5	1911	02	19	07	18	Romagna meridionale	185	7	5.38
NF	1913	07	21	22	35	VALLE DEL LAMONE	43	6	5.07
2	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99
5	1916	05	17	12	50	Alto Adriatico	130	8	5.85
5	1916	08	16	07	06	Alto Adriatico	256	8	5.92
3-4	1918	11	10	15	12	Appennino romagnolo	95	8	5.79
2	1919	06	29	15	06	Mugello	267	9	6.18
3	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
3	1930	10	30	07	13	SENIGALLIA	263	8-9	5.94
5-6	1956	02	20	01	29	ARGENTA	32	5-6	4.98
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56

Figura 23 – Elenco dei terremoti per il Comune di Alfonsine

I maggiori eventi sismici che interessano l'area in esame sono:

1875 - Romagna sud-orientale (M 5,74);

1898 – Romagna settentrionale (M 5,03);



1909 – Bassa Padana (M 5,53);
1911 – Romagna meridionale (M 5,38);
1913 – Valle del Lamone (M 5,07);
1918 – Appennino romagnolo (M 5,79);
1956 – Argenta (M 4,98).

Evidentemente occorrerà aggiungere il recentissimo evento sismico del 6 Giugno 2012 , evento di Magnitudo 4,5, con epicentro appena fuori la costa di fronte a Ravenna (come riportato alla seguente figura) e con ipocentro stimato alla profondità di oltre 25 Km (e quindi molto più profondo di quelli della sequenza emiliana) ha ulteriormente modificato il quadro sismico locale. Fortunatamente la magnitudo molto modesta ed il ridotto “sciame” sismico riconduce la scossa ad un evento “accessorio”, comunque segnale che la sismicità dell’area ravennate è evidentemente presente da ricondursi alla sequenza sismica a seguito degli eventi del 20 e del 29 maggio 2012 nella provincia di Ferrara – Modena.



Figura 24 – Epicentro della scossa del 6 Giugno 2012 in scala libera

La magnitudo attesa per il territorio del Comune di Alfonsine (e di una ulteriore fascia molto estesa della Provincia di Ravenna, nella Zona Sismogenetica 912) può essere considerata pari a 6,1 M, ciò sulla base di considerazioni statistico- probabilistiche (determinazioni tramite il Metodo di Gumbel, 1997) che tengono in considerazione distanza epicentrale degli eventi dall’area in esame e della regressione temporale degli stessi, logicamente per la ZS 912. **Questo valore è molto penalizzante per l’area in esame, ricordando le magnitudo storiche sopra citate e considerando che la scala**

di misura della magnitudo è logaritmica. Ma tale valore tiene correttamente in conto, tramite una regressione statistico/probabilistica di alcuni eventi sismici (loro magnitudo e distanza dall'area in esame) registrati nella cella 912 (e più specificamente nell'area alto romagnola).

Si rimanda comunque alle figg. 7 e 8 del §4 – *Inquadramento geologico- idrogeologico*, estratte dalla Carta Sismotettonica semplificata, in cui si può evincere come l'area in esame si ubichi in corrispondenza di un Sovrascorrimento con possibili riattivazioni più o meno recenti e che possono quindi essere sede di movimenti tettonici (sismici). Tale discontinuità profonda della crosta terrestre è relativa agli accavallamenti profondi delle falde appenniniche sommerse (come riportato nella Sezione allegata), i meccanismi focali dominanti sono da faglia inversa.

5.6 SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI SATURI GRANULARI LOCALMENTE RILEVATI

Il fenomeno della liquefazione determina una diminuzione della resistenza al taglio e/o della rigidità, nei litotipi granulari, causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico e tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Le Norme Tecniche annesse alla vigente Normativa Sismica (l'Ordinanza 3274, 3316 e ss., già più volte citate) impongono detta verifica quando *“la falda freatica si trovi in prossimità della superficie (p.c.) ed il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo- argillosa”*.

“Nel caso di edifici con fondazioni superficiali tale verifica può essere omessa per litotipi suscettibili che si trovino a profondità maggiore di 15 m dal p.c.”.

“Tale verifica si può altresì omettere nel caso $S_{ag} < 0,15$ g e contemporaneamente il litotipo potenzialmente liquefacibili soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

1. *contenuto d'argilla >20% con IP (Indice Plastico)>10;*
2. *contenuto di limo >35% e $N_{spt}>20$;*
3. *frazione fine trascurabile e $N_{spt}>25$ ”,*

(dove IP =Indice Plastico, N_{spt} =Resistenza Penetrometrica normalizzata alla prova N_{spt} in foro)

La normativa impone che quando nessuna delle precedenti condizioni risulti soddisfatta si debba procedere alla verifica mediante i metodi generalmente accettati dalla Ingegneria Geotecnica.

Per l'area in esame il valore di $S \cdot a_g/g$ è pari 0,23345 (che deriva da $S= 1,450$ e da $a_g/g= 0,161$).

Da quanto emerso dalla modellazione litostratigrafica precedentemente riportata si rileva che la presenza di litotipi limosi e limo-sabbiosi immersi in falda (e quindi potenzialmente liquefacibili all'atto di un evento sismico) le cui dimensioni e caratteristiche granulometriche potrebbero essere tali (o, meglio supposte tali), da poter eventualmente dar origine a fenomeni di liquefazione.

Si è quindi proceduto ad eseguire una verifica numerica che è stata condotta utilizzando il Metodo Semplificato di Robertson & Wride (1997), specificamente elaborato per penetrometrie statiche, previa determinazione di un valore di riferimento della Magnitudo M, per il terremoto di progetto.



Di tale metodo di calcolo occorre ricordare che, al contrario della maggior parte dei metodi empirici, quelli semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà:

$$F_s = \frac{R}{T}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1,00.

R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche, statiche. La grandezza T dipende invece dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto) e viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d MSF$$

dove

- a_{\max} = accelerazione sismica massima
- G = accelerazione di gravità = 980,7 cm/s²
- σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.
- σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.
- r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
 $r_d = 1 - 0,00765z$ per $z \leq 9,15$ m
 $r_d = 1,174 - 0,0267z$ per $9,15 < z \leq 23$ m
 $r_d = 0,774 - 0,008z$ per $23 < z \leq 30$ m
 $r_d = 0,5$ per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione

$$MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3} \text{ se } M \leq 7,5 \text{ o con la formula } MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \text{ se } M > 7,5$$

Il Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R), tramite Il metodo di Robertson & Wride che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (C.P.T.) avviene secondo le due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50. \quad R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi:
 si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifico normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \quad \text{e} \quad F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}$$

ESTEMAR S.R.L.
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI N.3 ALLOGGI A SCHIERA IN VIA DEGLI ORTI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

dove:

q_c (kg/cm ²)	= resistenza alla punta determinata dalla prova C.P.T.
f_s (kg/cm ²)	= attrito laterale specifico determinato dalla prova C.P.T.
σ_{v0} (kg/cm ²)	= pressione verticale totale
σ_{v0}' (kg/cm ²)	= pressione verticale efficace

Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} Q - 3.47)^2}$$

Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$$

L'esponente n viene valutato come segue: se $I_c > 2,6$ allora $n = 1$; se $I_c \leq 2,6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n = 0,5$; quindi si ricalcola I_c con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2,6 si conferma il valore $n = 0,5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n = 0,75$; se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$. Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n}$$

dove K_c è uguale a 1, se $I_c \leq 1.64$, ed è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403 I_c^4 + 5.581 I_c^3 - 21.63 I_c^2 + 33.75 I_c - 17.88, \text{ in caso contrario.}$$

A questo punto occorre riportare alcune considerazioni circa la determinazione del terremoto di progetto, a partire dal valore di M utilizzato per il calcolo in esame. Per la presente verifica si adotterà il valore di 6,1 precedentemente descritto. Sulla scorta del Catalogo degli eventi sismici succedutisi in Italia dal 217 a.C. al 1992 d.C. si potrà invece rilevare come il Comune di Alfonsine sia in realtà stati sottoposto ad eventi sismici di Magnitudo (Richter) massima pari a 5,79. Si osservi che essendo la scala di M logaritmica, il valore di 6,14 risulta quindi essere estremamente penalizzante. Ad ulteriore penalizzazione nella verifica la falda è stata posta alla profondità assolutamente penalizzante di 1,00 m dal p.c. (in maniera anche ben più penalizzante di quanto riportato al paragrafo relativo all'assetto idrogeologico locale) e si è dimezzato il valore dell'attrito laterale rilevato dalle CPT.

Il valore dell'attrito laterale rilevato dalle due CPT è stato dimezzato in modo tale da far sì che le risultanze delle CPT possano in una qualche maniera (ovvero tramite semplificazioni...) essere ricondotte a prove CPTU. per le quali in realtà è stato elaborato il Metodo di Robertson & Wride. Da recenti comunicazioni di altri colleghi (fra i quali si citerà S. Sangiorgi dello Studio di Geologia Viel e la sua comunicazione/presentazione al recente evento di SISMO tenutosi a Ferrara Fiere) pare infatti essere sufficientemente appurato che dividendo per un valore compreso fra 2,00 e 2,30 i valori di RI i



FARMACIA LUGARESI
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

valori delle CPT ci si possa ricondurre a risultanze tipo CPTU. Evidentemente tale valore di trasformazione, né tantomeno la stessa trasformazione trova necessità o indicazioni nella bibliografia tecnica di riferimento ma, i Ricercatori italiani paiono ben più impegnati nell'applicazione (a fine di lucro) di altrui metodi, piuttosto che nella taratura degli stessi metodi verso la realtà geologico-deposizionale locale (men che meno, chiaramente, nell'approntamento di nuovi ed appositi metodi di verifica!). Di seguito si riportano le risultanze delle verifiche eseguite sui dati delle prove CPT.

Dalle risultanze emerge che nessuno spessore in oggetto è risultato potenzialmente liquefacibile e l'indice di liquefazione è risultato uguale a 0.0 ovvero un rischio molto basso.

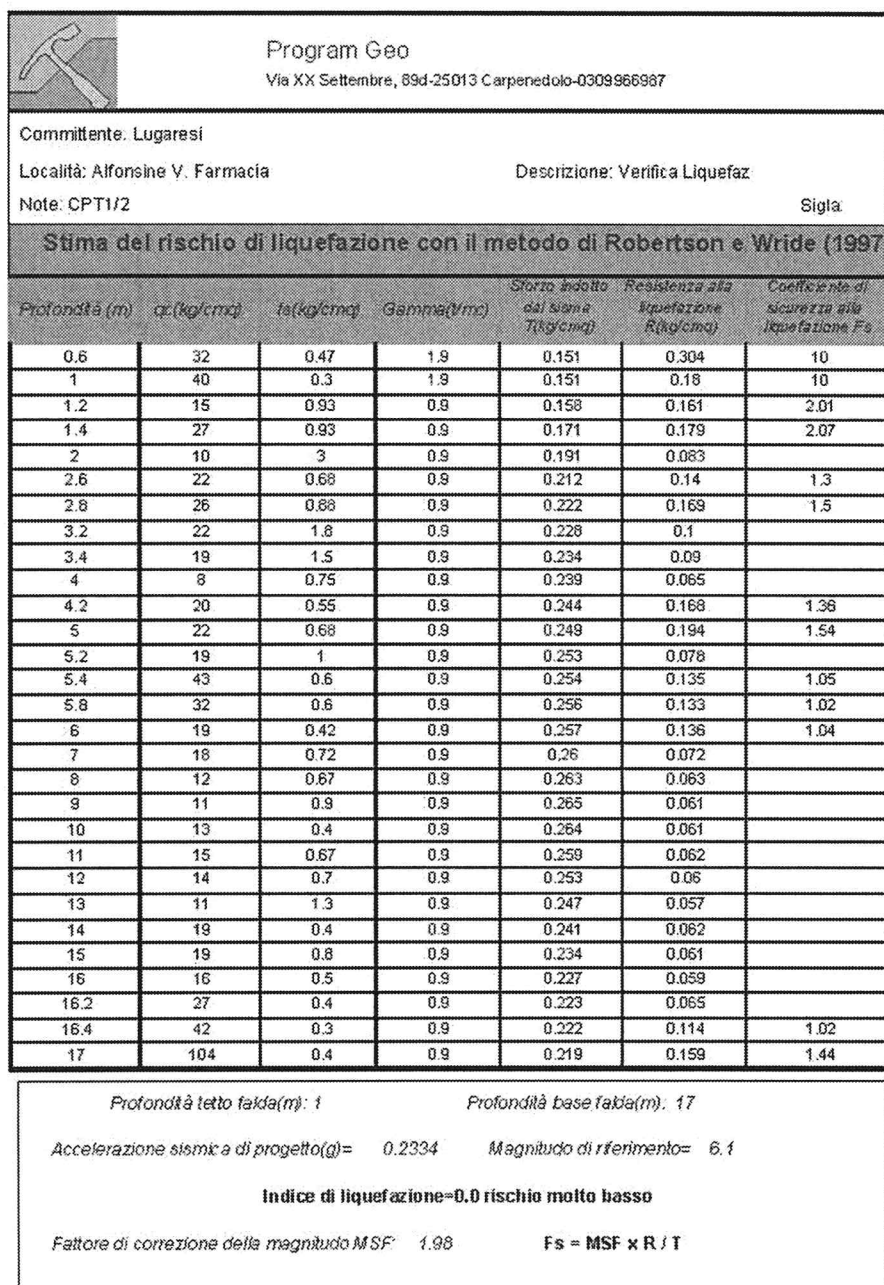


Figura 25 – Restituzione della verifica alla liquefazione per la CPT 1 e CPT 2.



Si potrà notare come i valori di F_s siano sempre superiori a 1,00 (impostando un $M=6,1$ e un livello della falda molto penalizzanti).

Dalle risultanze delle verifiche si può concludere che, per valori di Magnitudo molto penalizzanti e pari a 6,14 e per soggiacenze della falda altrettanto penalizzanti (-1,00 m dal p.c.) e considerando le ulteriori notevoli penalizzazioni (si pensi al valore di Q_c per il quale si individuano litotipi granulari, nonché l'assenza di considerazioni relative al contenuto di materiale fine nei litotipi considerati granulari) inserite nel calcolo e riferendosi allo stato attuale delle conoscenze, il rischio co- sismico di liquefazione degli orizzonti saturi granulari è molto basso.

Si ribadisce che Autori quali Crespellani, Sheriff, Ishibashi ed altri riportano che, per le energie sismiche attese per l'area in esame, uno spessore pari a circa cinque metri di materiale non liquefacibile sovrastante la lente granulare eventualmente liquefacibile, svolge una azione di contrasto sufficiente a far sì che gli effetti di una eventuale liquefazione non vengano trasmessi alla superficie.

Qui sotto viene inoltre riportato il Metodo di Sherif e Ishibashi (1978), fonte bibliografica di riferimento per le prime valutazioni sul tema della liquefazione che indicano che lo strato non è liquefacibile.

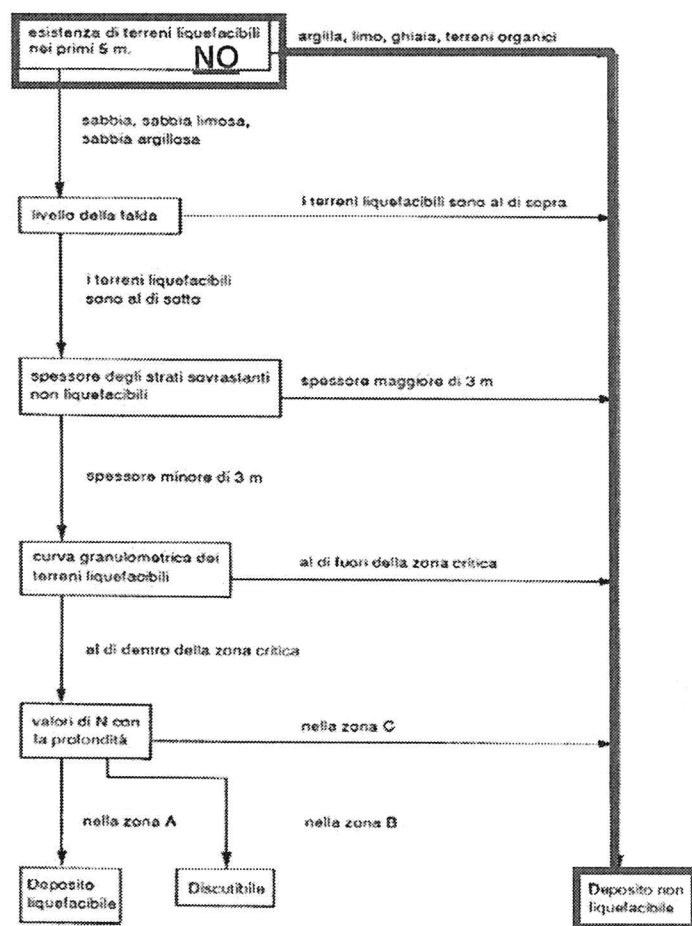


Figura 26 – Metodo Sherif-Ishibashi (1978) – Tabella A

Studio di Geologia Raffaele Brunaldi
44011 Argenta (FE) Via A. Da Brescia 5/B,
tel. 0532/852858 fax 0532/1867152 – cell. 3355373693

4

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale R_L viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t - 1 MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (MegaPascal) = 1 MN/m² = 1000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

Software by: Dr.D.Merlin - 0425/640820

e-mail: rabrugeo@libero.it



Studio di Geologia Raffaele Brunaldi
 44011 Argenta (FE) Via A. Da Brescia 5/B,
 tel. 0532/852858 fax 0532/1867152 – cell.3355373693

5

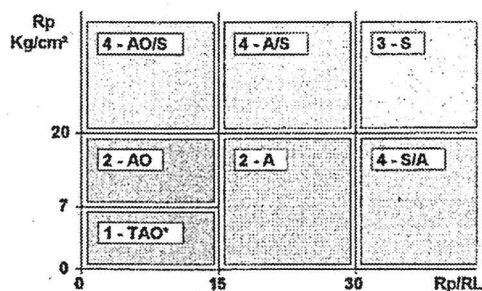
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto R_p / R_L
 (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura]
 (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
 (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - lp $lp=ind.plast.$]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
 (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura]
 (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
 [correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}]
 (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
 ($g = acc.gravità$) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

Software by: Dr.D.Merlin - 0425/640820

e-mail: rabruego@libero.it



FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax.: 0532852858 cell.: 3355373693 e-mail: rabruego@libero.it

Riferimento: 212-13

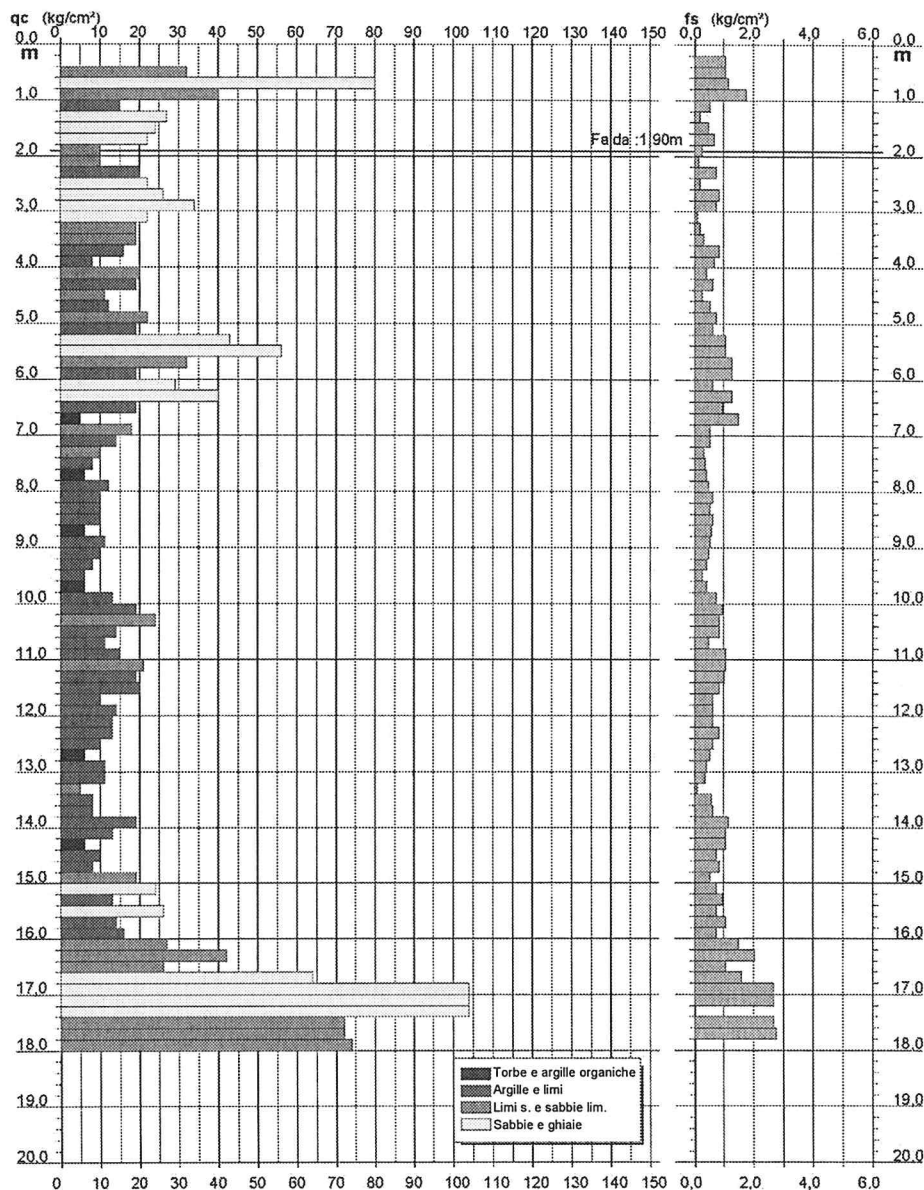
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-001

- committente : Farmacia Lugaresi
 - lavoro : Demolizione e ricostruz. fabbricato
 - località : Alfonsine
 - assist. cantiere :

- data : 19/06/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 1,90 da quota inizio



Software by: Dr D Merini - 04/25/03/20

Indagini Geologiche e Geotecniche



Studio di Geologia Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via Arnaldo Da Brescia, 11 - Argenta (FE)

e-mail: rabruego@libero.it

website: ww.bondabru.com

tel./fax 0532 852858 cell. 335 5373693

Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi

Via Goffredo Mameli, 13 - Alfonsine (RA)

Via Arnaldo da Brescia, 11 - Argenta (FE)

e-mail: sarabedeschi.geologo@gmail.com

cell. 340 2756654

ESTEMAR S.R.L.
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI N.3 ALLOGGI A SCHIERA IN VIA DEGLI ORTI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax.: 0532852858 cell. 3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 212-13

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.0105-001

- committente : Farmacia Lugaresi
- lavoro : Demolizione e ricostruz. fabbricato
- località : Alfonsine
- assist. cantiere :

- data : 19/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,90 da quota inizio

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	q _v kg/cm²	q _u (%)	Natura Litol.	Y ¹ %	p _{va} kg/cm²	Cu kg/cm²	GCR	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e ₁₅ (%)	e ₃₀ (%)	e ₃₅ (%)	e ₄₅ (%)	e _{dm} (%)	e _{my} (%)	Amav ² (%)	E50 kg/cm²	E25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0.20	---	---	222	---	1.85	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	---	---	222	---	1.85	0.07	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.60	30	60	4A	---	1.85	0.15	1.07	99.8	181	272	85	86	40	42	43	45	42	28	5.211	53	86	66
0.80	30	60	4A	---	1.85	0.19	1.33	74.1	227	340	120	100	42	42	45	46	44	33	0.255	133	209	240
1.00	40	23	4A	---	1.85	0.22	0.67	24.8	113	170	50	82	39	41	43	45	40	36	0.195	67	160	126
1.20	16	26	2M	---	1.85	0.26	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.40	22	17	2M	---	1.85	0.30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.60	22	32	3	---	1.85	0.33	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.80	10	37	4A	---	0.88	0.35	0.59	6.6	65	123	40	46	31	33	36	39	30	26	0.130	46	66	61
2.00	10	65	4A	---	0.92	0.49	0.76	3.7	131	49	---	53	34	38	40	42	35	28	0.111	48	80	72
2.20	20	27	4A	---	0.93	0.36	0.60	15.6	136	204	60	46	34	36	39	41	33	27	0.096	37	55	66
2.40	22	103	3	---	0.88	0.40	---	---	---	---	---	16	31	33	36	39	30	26	0.035	17	25	30
2.60	26	30	4A	---	0.95	0.42	---	---	---	---	---	42	34	36	39	41	34	28	0.065	37	55	66
2.80	30	36	3	---	0.89	0.44	0.93	16.5	156	237	76	47	36	38	40	42	34	26	0.096	43	62	76
3.00	34	46	3	---	0.85	0.46	---	---	---	---	---	39	33	36	38	41	33	28	0.070	37	55	66
3.20	22	208	3	---	0.85	0.46	0.79	11.6	152	199	58	33	33	35	38	41	32	27	0.024	32	46	57
3.40	13	29	4A	---	0.92	0.48	0.78	11.6	152	199	58	33	33	35	38	41	32	27	0.024	32	46	57
3.60	19	59	2M	---	0.88	0.51	0.79	9.2	122	163	52	32	32	34	36	39	30	26	0.062	32	46	57
3.80	9	12	2M	---	0.88	0.53	0.49	4.4	148	224	35	31	31	33	36	39	30	26	---	---	---	---
4.00	20	47	4A	---	0.93	0.55	0.59	10.1	156	238	68	32	32	34	36	39	30	26	0.091	33	56	60
4.20	19	30	4A	---	0.92	0.57	0.73	8.3	156	238	68	32	32	34	36	39	30	26	0.091	33	56	60
4.40	11	41	4A	---	0.87	0.59	0.54	5.6	157	239	42	9	29	32	35	39	29	26	0.019	16	28	33
4.60	11	22	2M	---	0.92	0.60	0.57	5.6	158	241	46	32	32	34	36	39	30	26	---	---	---	---
4.80	22	28	4A	---	0.93	0.62	0.55	9.2	168	251	65	32	32	34	36	39	30	26	0.081	37	55	66
5.00	19	30	4A	---	0.92	0.64	0.73	6.6	164	233	58	26	32	34	37	40	30	27	0.049	32	46	57
5.20	43	40	3	---	0.91	0.66	---	---	---	---	---	53	35	38	40	42	35	30	0.112	72	133	129
5.40	36	62	3	---	0.93	0.68	---	---	---	---	---	52	37	39	41	43	36	31	0.135	63	149	163
5.60	37	25	4A	---	0.93	0.68	1.07	10.7	181	272	83	52	37	39	41	43	36	31	0.135	63	149	163
5.80	19	16	2M	---	0.89	0.72	0.78	6.9	180	270	79	47	37	39	41	43	36	31	0.094	58	86	66
6.00	40	45	3	---	0.87	0.73	---	---	---	---	---	37	33	36	38	41	32	28	0.073	48	73	67
6.20	19	30	2M	---	0.89	0.75	---	---	---	---	---	47	37	39	41	43	36	31	0.094	58	86	66
6.40	19	30	2M	---	0.89	0.77	0.73	6.3	201	301	68	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.60	5	3	1**	---	0.40	0.78	0.25	1.5	32	47	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.80	18	16	4A	---	0.91	0.80	0.75	5.6	213	313	35	19	31	33	36	39	29	27	0.035	30	46	54
7.00	14	26	2M	---	0.94	0.82	0.64	4.6	238	341	48	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.20	19	31	4A	---	0.85	0.83	0.50	3.3	234	350	49	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.40	8	21	2M	---	0.86	0.85	0.49	2.4	244	360	36	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.60	9	14	1**	---	0.46	0.86	0.10	0.7	37	56	9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.80	12	25	2M	---	0.92	0.88	0.57	3.7	246	372	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.00	10	16	2M	---	0.90	0.90	0.59	3.6	246	360	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.20	10	16	2M	---	0.90	0.92	0.59	2.9	249	373	49	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.40	10	16	2M	---	0.90	0.93	0.59	3.3	251	377	49	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.60	6	10	1**	---	0.46	0.94	0.40	1.9	36	57	9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.80	11	21	2M	---	0.91	0.98	0.54	3.6	253	395	43	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.00	10	21	2M	---	0.90	0.98	0.59	3.6	258	398	43	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.20	8	19	2M	---	0.86	1.00	0.40	2.0	274	398	56	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.40	6	22	2M	---	0.82	1.01	0.39	1.4	176	265	39	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.60	8	14	1**	---	0.46	1.02	0.30	1.4	36	56	9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.80	13	17	2M	---	0.89	1.04	0.60	3.3	296	433	47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.00	19	20	2M	---	0.94	1.06	0.73	4.2	296	444	56	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.20	14	16	2M	---	0.94	1.10	0.81	3.2	305	457	43	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.40	11	23	2M	---	0.91	1.12	0.84	2.5	264	426	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.60	15	14	2M	---	0.95	1.13	0.87	3.2	316	474	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.80	21	20	4A	---	0.93	1.15	0.92	4.1	322	493	63	15	30	33	36	39	27	27	0.029	26	53	65
11.00	19	19	2M	---	0.89	1.17	0.78	3.7	331	496	53	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.20	20	23	4A	---	0.93	1.19	0.80	3.9	335	503	60	12	30	33	36	39	27	27	0.024	33	50	60
11.40	10	16	2M	---	0.90	1.21	0.90	2.1	276	417	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	14	22	2M	---	0.94	1.23	0.81	2.8	326	469	43	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	13	20	2M	---	0.93	1.25	0.80	2.5	319	475	47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	15	15	2M	---	0.93	1.27	0.80	2.5	321	481	47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	19	16	2M	---	0.90	1.26	0.90	1.6	262	423	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.40	8	11	1**	---	0.46	1.28	0.39	1.0	36	58	9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	11	26	2M	---	0.91	1.31	0.91	2.1	299	448	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	11	23	2M	---	0.91	1.33	0.94	2.0	300	450	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	5	47	4A	---	0.81	1.35	0.75	0.8	150	225	25	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	8	14	2M	---	0.88	1.36	0.40	1.4	226	353	35	28	31	35	38	25	25	---	---	---	---	---
13.40	9	13	2M	---	0.89	1.38	0.40	1.3	236	364	35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	19	16	2M	---	0.89	1.40	0.73	3.0	342	374	58	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	13	12	2M	---	0.93	1.42	0.60	1.2	313	500	47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	6	6	1**	---	0.46	1.43	0.30	0.9	36	59	9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	10	13	2M	---	0.90	1.45	0.50	1.7	268	432	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	8	9	2M	---	0.85	1.46	0.40	1.1	237	395	35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	19	36	4																			

FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBOLDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax.: 0532852858 cell.: 3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 212-13

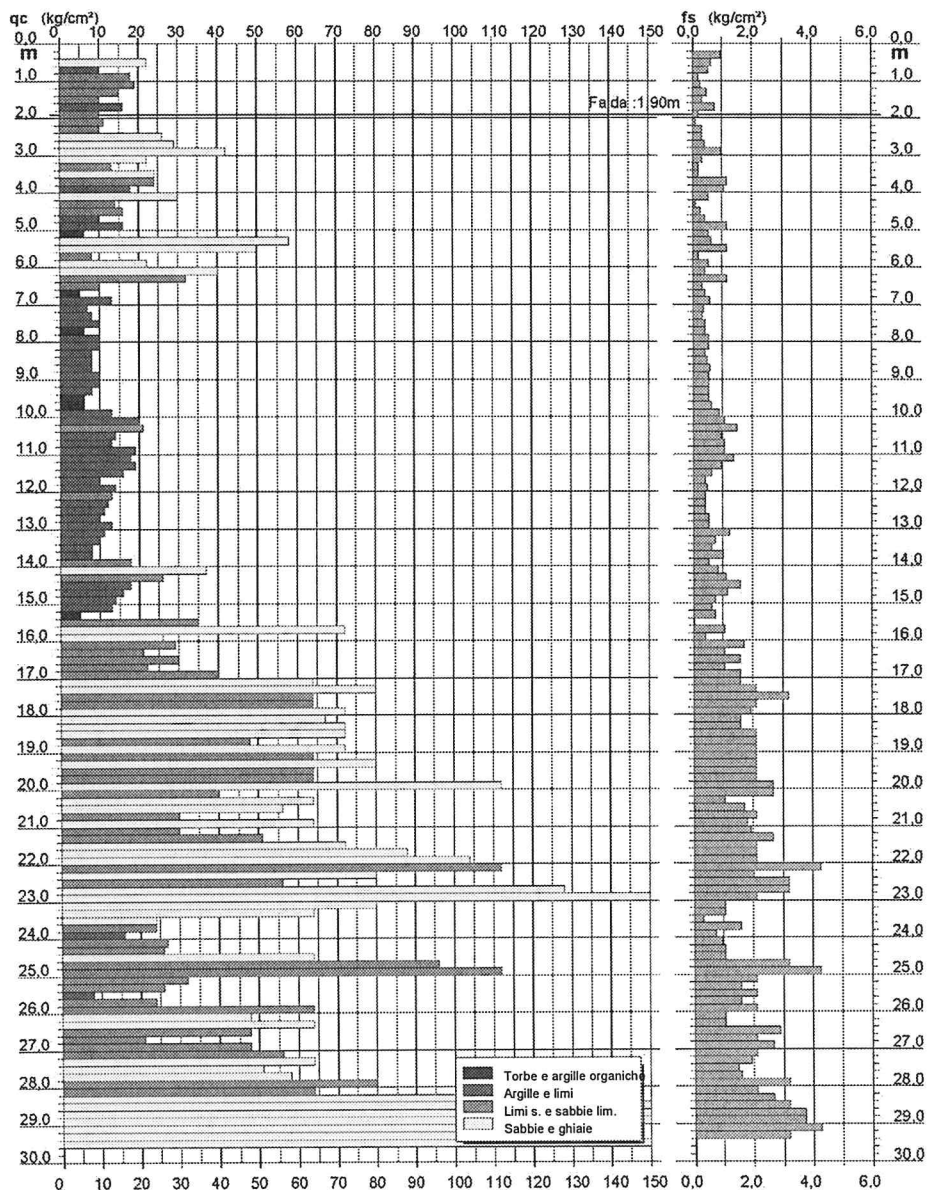
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-001

- committente : Farmacia Lugaresi
 - lavoro : Demolizione e ricostruz. fabbricato
 - località : Alfonsine
 - assist. cantiere :

- data : 19/06/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 1,90 da quota inizio



Software by Dr D.Martin - 0425-640620

Indagini Geologiche e Geotecniche



ESTEMAR S.R.L.
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI N.3 ALLOGGI A SCHIERA IN VIA DEGLI ORTI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax: 0532852858 cell. 3355373693 e-mail: rabruego@libero.it

Riferimento: 212-13

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT 2

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

2.0105-001

- committente : Farmacia Lugaresi	- data : 19/06/2013
- lavoro : Demolizione e ricostr. fabbricato	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Alfonsine	- falda : 1,90 da quota inizio
- assist. cantiere :	

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE												
Prof. m	q _g kg/cm ²	q _g (t)	Natura Litol.	Y ^o	p _{vo} kg/cm ²	Cu kg/cm ²	G _{OR} (%)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	e1s (%)	e2s (%)	e3s (%)	e4s (%)	edm (%)	amy (%)	Amavig (t)	E50 kg/cm ²	E25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²		
0.30	---	---	---	---	1.85	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
0.60	---	---	---	---	1.85	0.07	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
0.90	---	---	---	---	1.85	0.11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
1.20	---	---	---	---	1.85	0.15	0.50	28.8	26	128	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
1.50	---	---	---	---	1.85	0.19	0.75	36.1	126	191	56	54	36	38	40	42	37	27	0.115	37	55	66	
1.80	---	---	---	---	1.85	0.23	1.00	43.4	152	219	68	54	36	38	40	42	37	27	0.115	37	55	66	
2.10	---	---	---	---	1.85	0.26	1.25	50.7	179	250	80	46	34	36	38	40	42	37	27	0.079	26	38	49
2.40	---	---	---	---	1.85	0.30	1.50	58.0	205	281	92	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
2.70	---	---	---	---	1.85	0.33	1.75	65.3	231	312	104	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
3.00	---	---	---	---	1.85	0.37	2.00	72.6	257	343	116	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
3.30	---	---	---	---	1.85	0.41	2.25	79.9	283	374	128	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
3.60	---	---	---	---	1.85	0.45	2.50	87.2	309	405	140	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
3.90	---	---	---	---	1.85	0.49	2.75	94.5	335	436	152	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
4.20	---	---	---	---	1.85	0.53	3.00	101.8	361	467	164	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
4.50	---	---	---	---	1.85	0.57	3.25	109.1	387	498	176	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
4.80	---	---	---	---	1.85	0.61	3.50	116.4	413	529	188	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
5.10	---	---	---	---	1.85	0.65	3.75	123.7	439	560	200	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
5.40	---	---	---	---	1.85	0.69	4.00	131.0	465	591	212	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
5.70	---	---	---	---	1.85	0.73	4.25	138.3	491	622	224	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
6.00	---	---	---	---	1.85	0.77	4.50	145.6	517	653	236	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
6.30	---	---	---	---	1.85	0.81	4.75	152.9	543	684	248	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
6.60	---	---	---	---	1.85	0.85	5.00	160.2	569	715	260	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
6.90	---	---	---	---	1.85	0.89	5.25	167.5	595	746	272	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
7.20	---	---	---	---	1.85	0.93	5.50	174.8	621	777	284	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
7.50	---	---	---	---	1.85	0.97	5.75	182.1	647	808	296	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
7.80	---	---	---	---	1.85	1.01	6.00	189.4	673	839	308	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
8.10	---	---	---	---	1.85	1.05	6.25	196.7	700	870	320	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
8.40	---	---	---	---	1.85	1.09	6.50	204.0	726	901	332	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
8.70	---	---	---	---	1.85	1.13	6.75	211.3	752	932	344	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
9.00	---	---	---	---	1.85	1.17	7.00	218.6	778	963	356	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
9.30	---	---	---	---	1.85	1.21	7.25	225.9	804	994	368	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
9.60	---	---	---	---	1.85	1.25	7.50	233.2	830	1025	380	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
9.90	---	---	---	---	1.85	1.29	7.75	240.5	856	1056	392	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
10.20	---	---	---	---	1.85	1.33	8.00	247.8	882	1087	404	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
10.50	---	---	---	---	1.85	1.37	8.25	255.1	908	1118	416	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
10.80	---	---	---	---	1.85	1.41	8.50	262.4	934	1149	428	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
11.10	---	---	---	---	1.85	1.45	8.75	269.7	960	1180	440	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
11.40	---	---	---	---	1.85	1.49	9.00	277.0	986	1211	452	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
11.70	---	---	---	---	1.85	1.53	9.25	284.3	1012	1242	464	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
12.00	---	---	---	---	1.85	1.57	9.50	291.6	1038	1273	476	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
12.30	---	---	---	---	1.85	1.61	9.75	298.9	1064	1304	488	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
12.60	---	---	---	---	1.85	1.65	10.00	306.2	1090	1335	500	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
12.90	---	---	---	---	1.85	1.69	10.25	313.5	1116	1366	512	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
13.20	---	---	---	---	1.85	1.73	10.50	320.8	1142	1397	524	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
13.50	---	---	---	---	1.85	1.77	10.75	328.1	1168	1428	536	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
13.80	---	---	---	---	1.85	1.81	11.00	335.4	1194	1459	548	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
14.10	---	---	---	---	1.85	1.85	11.25	342.7	1220	1490	560	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
14.40	---	---	---	---	1.85	1.89	11.50	350.0	1246	1521	572	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
14.70	---	---	---	---	1.85	1.93	11.75	357.3	1272	1552	584	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
15.00	---	---	---	---	1.85	1.97	12.00	364.6	1298	1583	596	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
15.30	---	---	---	---	1.85	2.01	12.25	371.9	1324	1614	608	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
15.60	---	---	---	---	1.85	2.05	12.50	379.2	1350	1645	620	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
15.90	---	---	---	---	1.85	2.09	12.75	386.5	1376	1676	632	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
16.20	---	---	---	---	1.85	2.13	13.00	393.8	1402	1707	644	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
16.50	---	---	---	---	1.85	2.17	13.25	401.1	1428	1738	656	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
16.80	---	---	---	---	1.85	2.21	13.50	408.4	1454	1769	668	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
17.10	---	---	---	---	1.85	2.25	13.75	415.7	1480	1800	680	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
17.40	---	---	---	---	1.85	2.29	14.00	423.0	1506	1831	692	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
17.70	---	---	---	---	1.85	2.33	14.25	430.3	1532	1862	704	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
18.00	---	---	---	---	1.85	2.37	14.50	437.6	1558	1893	716	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
18.30	---	---	---	---	1.85	2.41	14.75	444.9	1584	1924	728	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
18.60	---	---	---	---	1.85	2.45	15.00	452.2	1610	1955	740	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
18.90	---	---	---	---	1.85	2.49	15.25	459.5	1636	1986	752	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
19.20	---	---	---	---	1.85	2.53	15.50	466.8	1662	2017	764	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
19.50	---	---	---	---	1.85	2.57	15.75	474.1	1688	2048	776	46	34	36	38	40	42	37	27	0.043	17	26	36
19.80	---	---	---	---	1.85	2.61	16.00	481.4															

FARMACIA LUGARESÌ
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA FARMACIA IN CORSO GARIBALDI – ALFONSINE (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax.: 0532852858 cell.: 3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 212-13

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.0105-001

- committente : Farmacia Lugaresi
 - lavoro : Demolizione e ricostruz. fabbricato
 - località : Alfonsine
 - assist. cantiere :

- data : 19/06/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 1,90 da quota inizio

Prof. m	q _c kg/cm ²	q _c f _s (t)	Natura Litol.	Y _r km ³	p _{va} kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (t)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	edm (°)	omy (°)	Amavp (t)	E50 kg/cm ²	E25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²
20.70	40	15	41/1	1.00	1.58	1.33	3.8	556	534	120	24	31	34	37	40	28	30	0.045	67	100	120
20.40	64	20	3/1	0.94	2.06	—	—	—	—	—	40	34	36	39	41	31	32	0.070	107	159	192
20.60	56	33	3/1	0.93	2.01	—	—	—	—	—	35	33	35	38	41	30	31	0.068	93	140	168
20.80	30	14	41/1	0.89	2.03	1.00	2.6	524	786	90	13	30	33	36	39	26	29	0.026	50	75	99
21.00	64	35	3/1	0.94	2.05	—	—	—	—	—	35	33	36	39	41	30	31	0.078	107	159	192
21.20	30	16	41/1	0.89	2.07	1.60	2.5	528	792	90	13	30	33	36	39	26	29	0.025	50	75	99
21.40	51	19	41/1	1.01	2.09	1.70	4.6	560	889	155	31	37	35	38	40	29	31	0.060	85	128	153
21.60	72	24	3/1	0.95	2.11	—	—	—	—	—	42	34	36	39	41	31	32	0.069	120	180	216
21.80	88	41	3/1	0.95	2.13	—	—	—	—	—	49	39	37	39	42	37	38	0.102	147	220	264
22.00	104	49	3/1	1.01	2.15	—	—	—	—	—	55	36	38	40	42	33	34	0.116	173	260	312
22.20	112	26	41/1	1.09	2.17	3.75	12.4	635	952	339	57	36	39	40	43	33	34	0.122	167	230	336
22.40	60	39	3/1	0.97	2.19	—	—	—	—	—	45	34	37	39	42	31	32	0.092	133	200	240
22.60	66	17	41/1	1.01	2.21	1.87	5.1	639	913	183	33	33	35	38	41	29	31	0.064	93	140	168
22.80	126	40	3/1	1.04	2.23	—	—	—	—	—	51	37	39	41	43	34	35	0.133	213	329	394
23.00	190	75	3/1	1.09	2.25	—	—	—	—	—	68	38	39	41	43	35	36	0.154	267	430	480
23.20	80	75	3/1	0.97	2.27	—	—	—	—	—	44	34	37	39	42	31	33	0.080	133	200	240
23.40	64	60	3/1	0.94	2.29	—	—	—	—	—	36	33	36	38	41	30	32	0.072	107	180	192
23.60	24	75	3/1	0.89	2.31	—	—	—	—	—	2	28	32	35	38	25	28	0.006	40	90	12
23.80	24	15	41/1	0.94	2.33	0.69	1.9	533	755	72	2	28	31	35	38	25	26	0.006	40	90	12
24.00	27	28	41/1	0.95	2.37	0.95	2.0	531	796	61	6	29	31	35	38	25	26	0.014	45	86	51
24.20	30	24	41/1	0.95	2.38	0.53	1.9	525	785	78	1	29	32	35	38	25	26	0.011	43	85	78
24.40	60	3	3/1	0.94	2.40	—	—	—	—	—	35	33	35	38	41	30	32	0.069	107	159	192
24.60	96	30	41/1	1.05	2.42	3.20	8.9	574	882	288	46	35	37	39	42	32	34	0.101	160	240	288
25.00	112	26	41/1	1.09	2.45	3.73	10.7	592	952	339	54	36	39	40	42	33	34	0.114	167	230	336
25.20	32	15	41/1	0.97	2.47	1.07	2.2	555	879	96	11	30	33	36	39	26	29	0.022	53	76	98
25.40	26	16	41/1	0.95	2.48	0.93	1.8	528	792	73	3	28	32	35	38	25	28	0.009	43	95	78
25.60	8	4	20/0	0.85	2.50	0.40	0.6	246	390	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.80	34	15	41/1	0.94	2.52	0.83	1.7	511	765	73	6	28	31	35	38	25	26	—	—	—	—
26.00	64	36	41/1	1.02	2.54	2.13	5.6	700	1059	192	34	33	35	38	41	29	32	0.066	107	159	192
26.20	48	45	3/1	0.91	2.56	—	—	—	—	—	31	31	34	37	40	26	28	0.045	80	120	144
26.40	64	60	3/1	0.94	2.58	—	—	—	—	—	34	33	35	38	41	29	32	0.065	107	159	192
26.60	48	17	41/1	1.01	2.60	1.60	3.4	721	1096	144	23	31	34	37	40	26	28	0.045	80	120	144
26.80	21	16	41/1	0.93	2.62	0.82	1.5	481	722	83	—	28	31	35	38	25	27	—	—	—	—
27.00	48	18	41/1	1.01	2.64	1.60	3.4	746	1110	144	23	31	34	37	40	27	31	0.044	80	120	144
27.20	56	26	41/1	1.01	2.66	1.87	4.6	741	1112	168	28	32	35	37	40	28	31	0.054	93	140	168
27.40	64	33	3/1	0.94	2.68	—	—	—	—	—	33	33	36	38	41	29	32	0.063	107	159	192
27.60	51	34	3/1	0.93	2.69	—	—	—	—	—	28	31	34	37	40	26	28	0.047	85	128	153
27.80	56	36	3/1	0.93	2.71	—	—	—	—	—	29	32	35	37	40	28	31	0.056	97	145	174
28.00	80	25	41/1	1.03	2.72	2.67	6.1	720	1030	240	40	34	36	39	41	30	32	0.079	133	200	240
28.20	64	30	41/1	1.03	2.74	2.13	4.6	751	1151	180	37	32	35	38	41	29	32	0.062	107	159	192
28.40	126	48	3/1	1.04	2.77	—	—	—	—	—	56	36	38	40	42	33	35	0.118	213	329	394
28.60	152	47	3/1	1.08	2.80	—	—	—	—	—	61	37	39	41	43	34	36	0.124	253	389	456
28.80	176	47	3/1	1.11	2.82	—	—	—	—	—	65	37	39	41	43	34	37	0.148	283	449	519
29.00	184	49	3/1	1.13	2.84	—	—	—	—	—	67	37	39	41	43	35	37	0.152	307	480	552
29.20	144	24	3/1	1.07	2.86	—	—	—	—	—	59	36	38	40	43	33	36	0.127	240	380	432
29.40	136	32	3/1	1.05	2.88	—	—	—	—	—	57	36	39	40	42	33	35	0.122	221	340	408
29.60	160	—	3/1	1.09	2.90	—	—	—	—	—	62	37	39	41	43	34	36	0.130	267	430	480

Software by: Dr.D.Merini - 0426/640620

Indagini Geologiche e Geotecniche



Studio di Geologia Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via Arnaldo Da Brescia, 11 - Argenta (FE)

e-mail: rabrugeo@libero.it

website: www.bondabru.com

tel./fax 0532 852858 cell. 335 5373693

Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi

Via Goffredo Mameli, 13 - Alfonsine (RA)

Via Arnaldo da Brescia, 11 - Argenta (FE)

e-mail: sarabedeschi.geologo@gmail.com

cell. 340 2756654