COMUNE DI CERVIA

PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO AI SENSI DELLA L. 179/1992 E ART. 20 L.R.6/1995 DENOMINATO ARTUSI

PIAZZALE ARTUSI - CERVIA

FASE 2

PROGETTO GENERALE:

ARCH. MARCO GAUDENZI

ARCH. GIOVANNI SENNI

PROPRIETA':

Diana Maria
Belletti Gianluca
Belletti Giampiero

Piraccini Lidia
Poletti Flavia

Cigolini Gulesu Leonardo
Benvenuti Elena
Cigolini Gulesu Laura

CONSULENZE SPECIALISTICHE:

ARREDO URBANO
DESIGNER
PIETRO MANUZZI

RETI TECNOLOGICHE E VIABILITA'
ING. CLAUDIO SARDELLA

PROGETTAZIONE DEL VERDE
STUDIO ARCLAB
ARCH. AIDA MORELLI

PUBBLICA ILLUMINAZIONE
STUDIO TECNICO CORTESI
PER. IND. FABIO SAVIOLI

SERIE: R

TAV. 10

DATA: 31/10/2017

REVISIONI:

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

prot. 77261 del 30/11/2017

REDATTA DA:

BOLOGNESI ALBERTO - Geologo

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO, CON DIVIETO O RENDERLO COMUNQUE NOTO A TERZI O A DITTE CONCORRENTI SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

architettura & interior design
STUDIO 52
pietro manuzzi designer
giovanni senni architetto
via Montalti 52
47023 Cesena FC Italy
tel fax 0547.611396
e-mail info@studio-52.com
www.studio-52.com

MARCO GAUDENZI & ASSOCIATI
ARCHITETTURA E DESIGN
via della Sanità 44 - 61100 Pesaro, Italy
tel.+39.0721.402105 - fax+39.0721.23206
www.marcogaudenzi.it
studio@marcogaudenzi.it

Ditta

DIANA MARIA - BELLETTI GIANLUCA - BELLETTI GIAMPIERO
PIRACCINI LIDIA - POLETTI FLAVIA
CINGOLINI GULESU LEONARDO - BENVENUTI ELENA - CINGOLINI GULESU LAURA

OGGETTO

PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA

ALLEGATO:		Data:
Unico		Maggio 2015

RELAZIONE
GEOLOGICA E SISMICA

Studio Geologico Sismico e Indicazioni Geotecniche:

Dott. Geol. Alberto BOLOGNESI

STUDIO GEO

Geotecnica delle Fondazioni
Geologia Applicata all' Ingegneria Civile
Progettazione Opere di Consolidamento e Presidio
Progettazione Esecutiva Geotecnica e Geomeccanica

Via F.lli Bandiera, 5 47521 CESENA (FC) Tel 0547 - 61.02.06

INDICE

1. PREMESSA 2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3. UBICAZIONE DELL'AREA, RIFERIMENTI CARTOGRAFICI E GEOLOGICI 3
4. INDAGINI E PROVE ESEGUITE 8
4. 1. INDAGINI IN SITO ESEGUITE NEL 2015 8
4. 2. INDAGINI ESEGUITE NEL 2011 NEL TERRENO IN ADERENZA 9
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOFISICA 12
6. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 16
7. PROFONDITÀ' D'IMPOSTA E TIPO DI FONDAZIONE 16
8. VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE 17
9. OPERE ACCESSORIE 18
10. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO STATICO 19
11. CONSIDERAZIONI SUI CEDIMENTI 20
12. CONCLUSIONI 20

Sono parte integrante della presente relazione (indagini e analisi eseguite nel 2011):

Allegato 1: INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO (ditta GEODE)
- PROVE PENETROMETRICHE CPT E SCPT;

Allegato 2: INDAGINI GEOGNOSTICHE DI LABORATORIO (ditta GEOEMME DUE)
- analisi geotecniche di laboratorio;
- analisi chimiche (CSA-IStituto di Ricerca);

Allegato 3: ANALISI PUNTUALE DI 3° LIVELLO (ditta PROGEO srl)
- analisi puntuale di 3° livello;
- verifica alla liquefazione in caso di sisma dei terreni dell'area;

Si riportano in appendice:

- n° 2 grafici relativi alla provi penetrometriche statiche CPT eseguite nel 2015;
- n° 3 grafici relativi alle prove penetrometriche dinamiche pesanti SCPT eseguite nel 2015;
- n° 3 tabulati relativi alle indagini geofisiche HVSR eseguite nel 2015;

- Fig. n° 1 carta geologica alla scala 1:5.000;
- Fig. n° 2 Perimetrazione aree a rischio idrogeologico alla scala 1:25.000.
- Fig. n° 3 Modello - sezione geologica alla scala 1:250;
- Fig. n° 4 Carta delle isofreatiche dell'area alla scala 1:1.000;
- Fig. n° 5 Carta di zonizzazione geotecnica dell'area alla scala 1:1.000;

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda lo studio degli aspetti geologico-geofisi e geotecnici connessi alla PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI", sita in Piazzale Artusi, Via Machiavelli. Il piano particolareggiato prevede la realizzazione di 5 lotti edificabili ad uso residenziale e opere di urbanizzazione ovvero parcheggi e strade per il collegamento delle aree alle rotonda Pertini.
Si precisa che l'area oggetto di indagine si trova in aderenza ad un'area più estesa ampiamente investigata dallo scrivente nel 2011 ai fini del PIANO URBANISTICO DI INIZIATIVA PRIVATA RELATICO ALLA SCHEDA AREA E5 PRG Comune di Cervia.
Le indagini di tipo geognostico e geofisico eseguite sono state correlate con quelle molto più approfondite eseguite nel 2011 anche al fine di verificare la coerenza geologica, sismica, geotecnica e idrogeologica dei siti.

L'indagine geologico-sismica-geotecnica è stata eseguita nelle seguenti fasi:

a) rilevamento geologico dell'area: rilievo di dati litologici, morfologici, idrologici ed idrogeologici;
b) indagini geotecniche in sito;
c) indagini geofisiche in sito;
d) interpretazione, elaborazione dei dati, correlazione con le indagini eseguite nel 2011 nel sito in aderenza, rappresentazioni cartografiche e stesura della relazione;

Sono parte integrante della presente relazione (indagini e analisi eseguite nel 2011):

Allegato 1: INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO (ditta GEODE)
- PROVE PENETROMETRICHE CPT E SCPT;

Allegato 2: INDAGINI GEOGNOSTICHE DI LABORATORIO (ditta GEOEMME DUE)
- analisi geotecniche di laboratorio;
- analisi chimiche (CSA-IStituto di Ricerca);

Allegato 3: ANALISI PUNTUALE DI 3° LIVELLO (ditta PROGEO srl)
- analisi puntuale di 3° livello;
- verifica alla liquefazione in caso di sisma dei terreni dell'area;

Si riportano in appendice:

- n° 2 grafici relativi alla provi penetrometriche statiche CPT eseguite nel 2015;
- n° 3 grafici relativi alle prove penetrometriche dinamiche pesanti SCPT eseguite nel 2015;
- n° 3 tabulati relativi alle indagini geofisiche HVSR eseguite nel 2015;

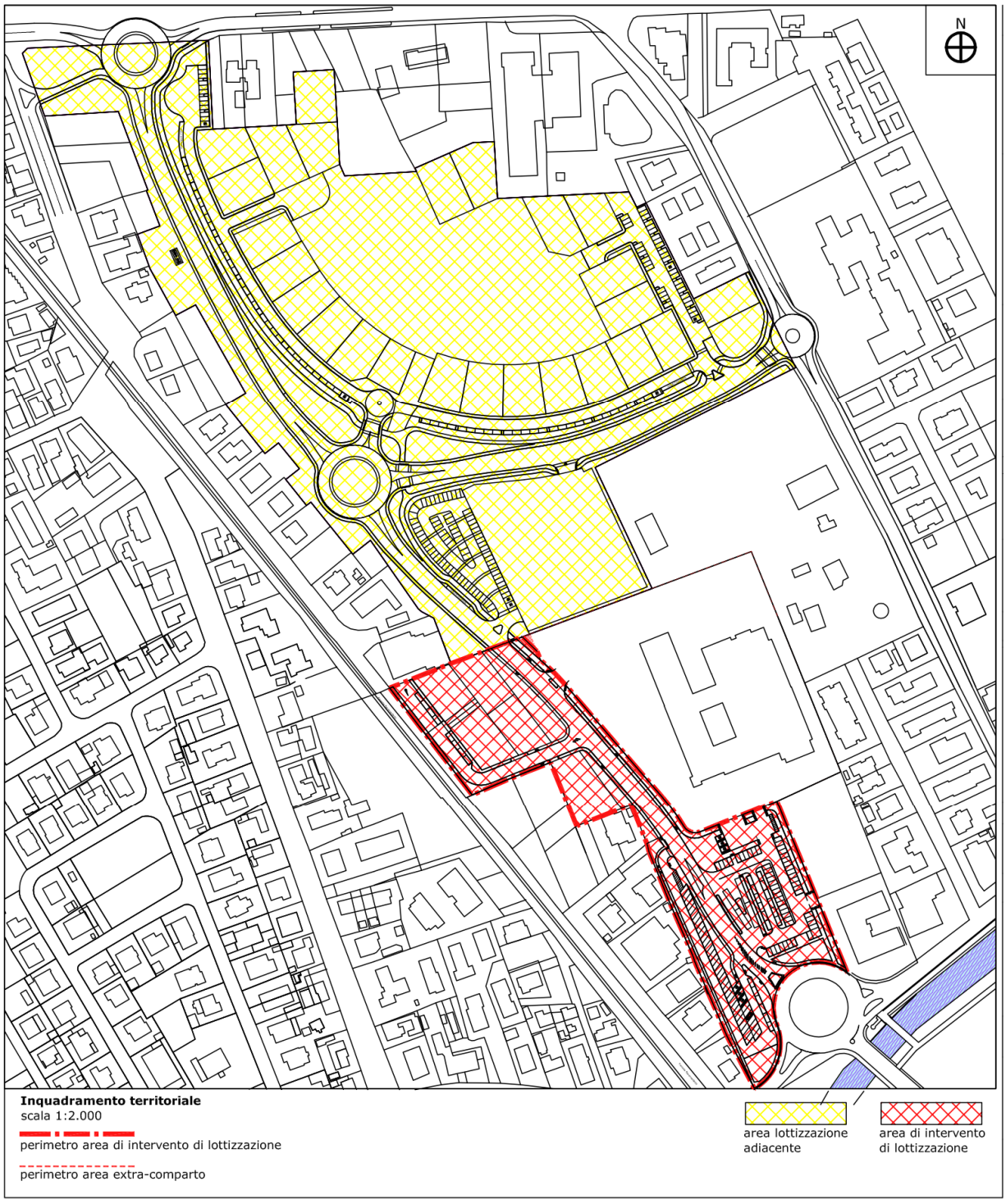
- Fig. n° 1 carta geologica alla scala 1:5.000;
- Fig. n° 2 Perimetrazione aree a rischio idrogeologico alla scala 1:25.000.
- Fig. n° 3 Modello - sezione geologica alla scala 1:250;
- Fig. n° 4 Carta delle isofreatiche dell'area alla scala 1:1.000;
- Fig. n° 5 Carta di zonizzazione geotecnica dell'area alla scala 1:1.000;

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M.11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate....";
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, giugno 1977;
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica;
- 24 gennaio 1986, "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche";
- Rock charaterization testing and monitoring ISRM Suggested Methods;
- Basic geotechnical description of rock masses - Int. J. of Rock Mech. Min. Sci. & Geomech Abstr., 1980;
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n° 3274: primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio ... ;
- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000, in merito a "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia - Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", contenente le disposizioni generali e le procedure di riferimento per l'analisi della risposta sismica locale. (Approvato in data 02 maggio 2007 dall'Assemblea legislativa della Regione Emilia – Romagna).
- D. M. 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. (G.U. n.47 del 26 febbraio 2009 - S.O. n. 27). Istruzioni per l'applicazione delle"Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

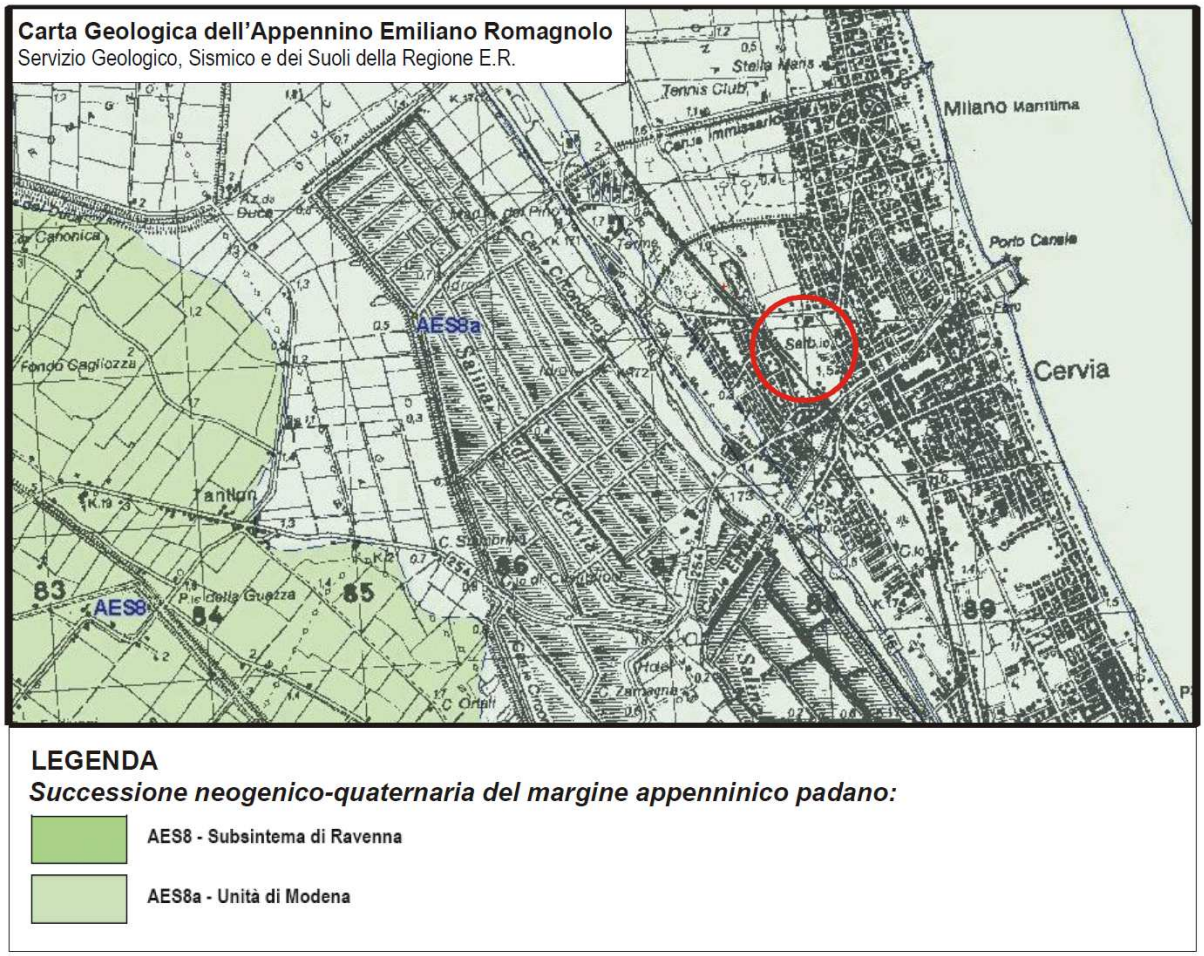
3. UBICAZIONE DELL'AREA, RIFERIMENTI CARTOGRAFICI E GEOLOGICI

L'area in esame è ubicata all'interno dell'abitato di Cervia (RA) tra Via Nicolò Machiavelli e Piazzale Artusi (contorno rosso) ed è aderente all'area ampiamente investigata dallo scrivente nel 2011 ai fini del PIANO URBANISTICO DI INIZIATIVA PRIVATA RELATICO ALLA SCHEDA AREA E5 PRG Comune di Cervia (**contorno giallo**), ricade nell'ELEMENTO n° 241090 denominato "CERVIA" della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

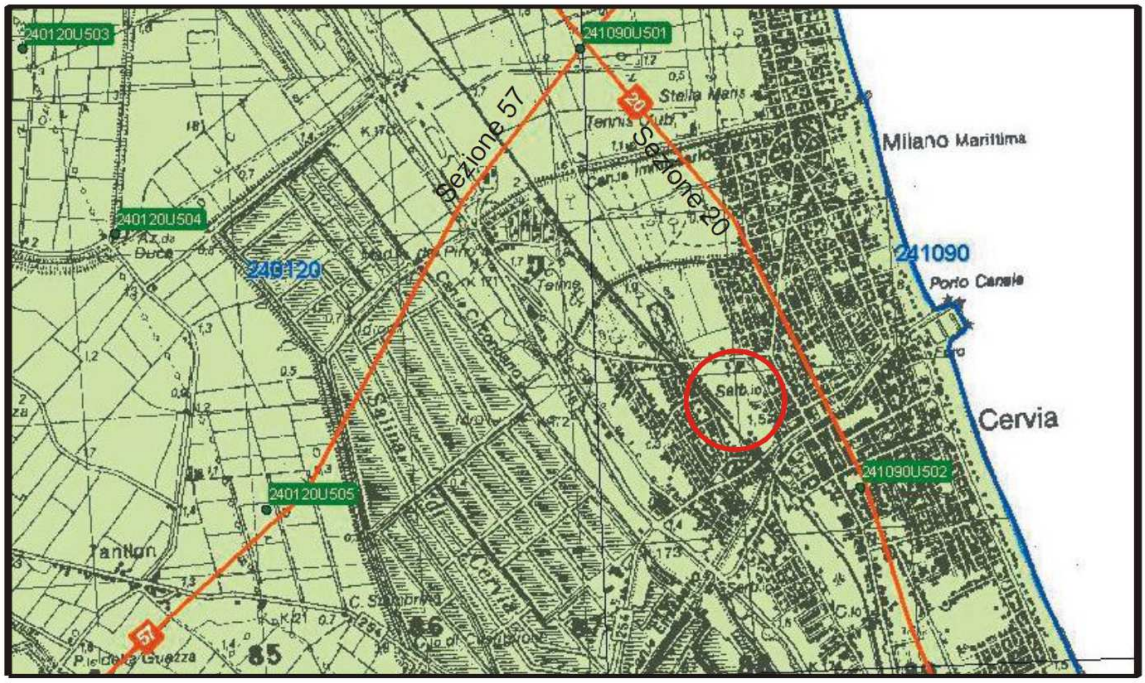


L'area giace ad una quota assoluta di 0.80 m circa s.l.m. in zona di pianura costiera dove i terreni sono costituiti da depositi di litorale ovvero da unità sedimentarie di transizione continentale-marina a seconda delle varie fasi trasgressive-regressive marine.

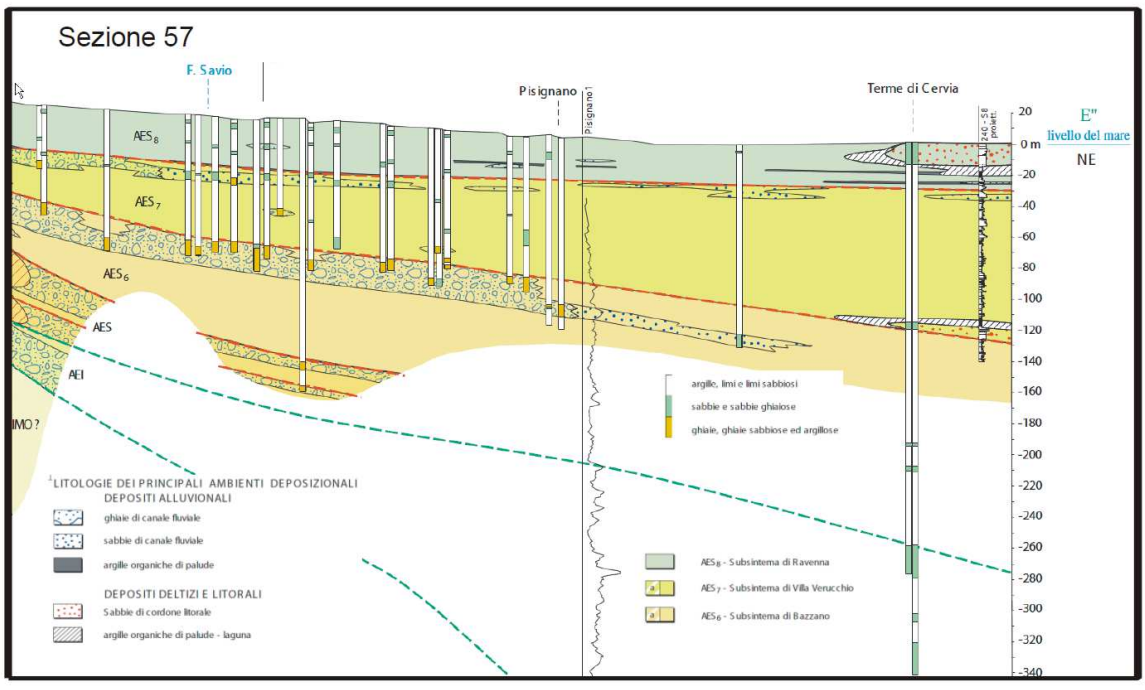
L'area è caratterizzata da depositi alluvionali marini ricoperti superficialmente da despositi di spiaggia recenti (sabbie e sabbie limose ci cordone litorale) a cui seguono depositi alluvionali (argille limose e limi argillosi di tracimazione fluviale), localmente possono rilevarsi depositi di palude-laguna costituiti da argille e limi con sostanza organica.
E' possibile distinguere questi sedimenti in varie unità a seconda di discordanze nella sequenza deposizionale di origine.
La litofacies presente in superficie nell'area di indagine è classificata dalla Regione Emilia-Romagna AES8 (Subsintema di Ravenna di cui si riporta l'estratto nella figura che segue.

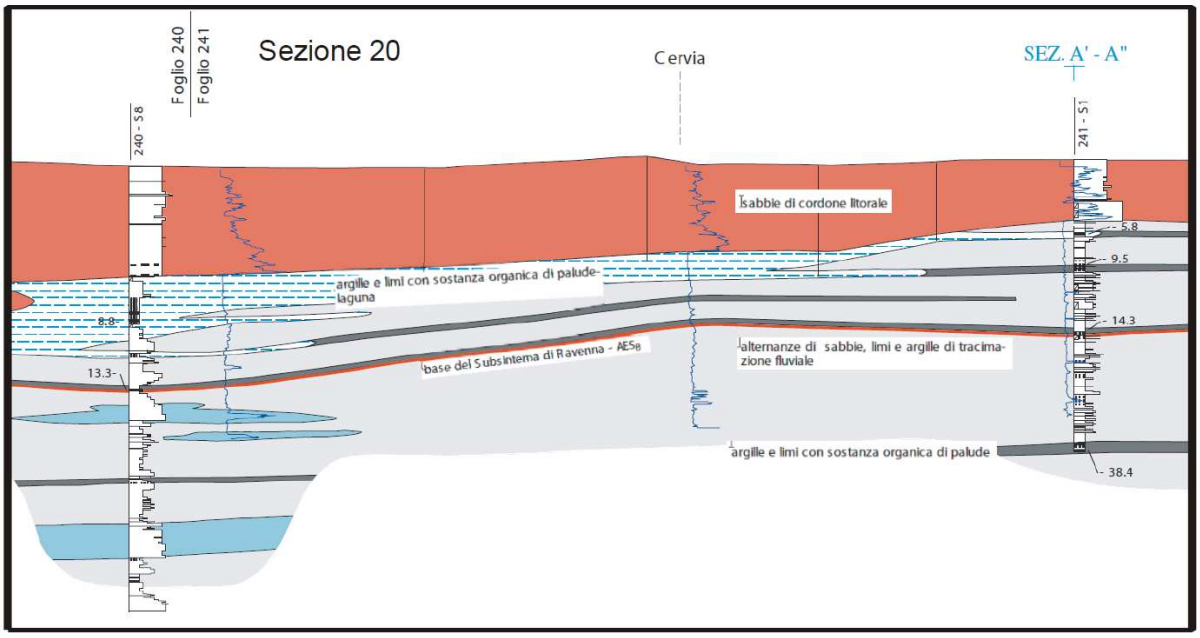


Per quanto attiene alla caratterizzazione geolitologica degli orizzonti più profondi si è fatto riferimento alle sezione *geologiche profonde* n° 20 e 57 ricostruita dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna nell'ambito del progetto CARG e degli studi di geologia del sottosuolo della costa emiliana-romagnola; l'ubicazione delle sezioni indicate è riportata nell'immagine seguente.



Viene di seguito riportata uno stralcio delle sezioni 57 e 20.





La successione neogenico-quaternaria è rappresentata da una successione di unità costituita da AES8 per circa 15 m di profondità, dal piano di campagna attuale, a cui segue AES7 fino a circa 120 m per proseguire con l'unità AES6 e AES.
Segue l'unità AEI per passare a profondità superiori a 250 m alle Sabbie di Imola come formazione basale.

Dal punto di vista geologico-geotecnico la discontinuità verticale più rilevante è costituita dalla base dei depositi sabbiosi di cordone litorale all'interno della AES8 e in profondità (oltre i 300-400 m) dal tetto della formazione basale IMO. All'interno dei depositi AES8, AES7, AES6 sono inoltre presenti limitate intercalazioni di argille organiche con consistenza molle. Arealmente, dalla sezione stratigrafica della Regione Emilia-Romagna, non si evidenziano particolari disomogeneità tranne che per la prima coltre superficiale.

Nell'area in esame non è presente una rete di drenaggio superficiale e attualmente le acque meteoriche vengono assorbite dalle sabbie sottostanti.

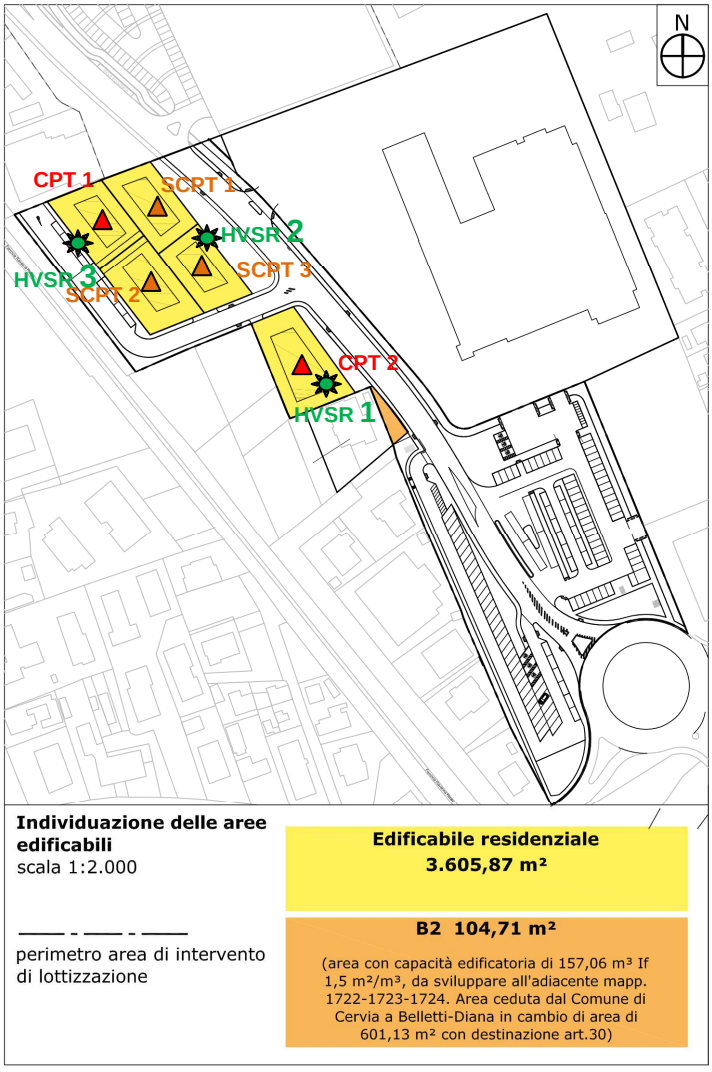
Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche è stata riscontrata la presenza della superficie piezometrica a - 1.30 m dal piano di campagna. A seguito di quanto riportato dal proprietario del terreno e considerando che le misure sono state realizzate nel mese di luglio si può prevedere che in seguito a periodi particolarmente siccitosi e/o piovosi il livello della falda possa abbassarsi di 3.00 m circa e innalzarsi di circa 1.00 m dalla quota attuale.

4. INDAGINI E PROVE ESEGUITE

4. 1. INDAGINI IN SITO ESEGUITE NEL 2015

Per la caratterizzazione stratigrafica, geotecnica e geofisica dell'area in oggetto sono state eseguite le seguenti indagini, da correlarsi alle indagini già eseguite dallo scrivente nel 2011 nel terreno in aderenza:

Nei siti indicati nella planimetria sotto riportata, sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche statiche CPT fino alla profondità di 15 m dal piano di campagna, n° 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti SCPT fino alla profondità di 15 metri dal piano di campagna e n° 3 misure di rumore sismico ambientale HVSR.



CPT 1 prova penetrometrica statica

SCPT 3 prova penetrometrica dinamica pesante

HVSR 1 prova rumore sismico ambientale

I grafici e tabulati delle indagini sono riportati in appendice del presente elaborato.

4. 2. INDAGINI ESEGUITE NEL 2011 NEL TERRENO IN ADERENZA

Nei siti indicati nella planimetria evidenziata che segue sono state eseguite nel 2011 dalla ditta GEOEMME2 di Rimini le seguenti indagini geognostiche in sito:

- **n° 1 Sondaggio a carotaggio continuo** fino alla profondità di -40.00 dal p.c. con perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri semplici, diametro 101 mm, con l'uso del rivestimento provvisorio del foro (diam. 127 mm.);
- **Installazione di tubo cieco** all'interno del foro di sondaggio per prove sismiche e cementazione del preforo;
- **Prelievo di n° 3 campioni indisturbati**, nel corso del sondaggio impiegando campionatore a pareti sottili (Shelby) spinto a pressione; con fustella (diam. 82-88 mm.);
- **n° 10 prove penetrometriche statiche** a punta meccanica Begemann sino alla profondità variabile da 15 a 20 m dal p.c.
- **n° 3 prove di carico su piastra**.
- **n° 1 perforazione a distruzione di nucleo** e posizionamento di piezometro, realizzato in PVC diametro 2", fino alla profondità di 7 m dal p.c. e prelievo di campione d'acqua a -5.00 m dal p.c. per analisi chimiche;

I tabulati relativi alle indagini gegnostiche eseguite in sito sono riportati nell'Allegato n° 1: INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO (ditta GEOEMME DUE).

Sui campioni di terreno prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite, presso il laboratorio della ditta GEOEMME 2 di Rimini, le seguenti indagini di laboratorio:

Descrizione litologica di tutto il sondaggio e realizzazione, ove possibile, ogni 20 cm di pocket penetrometer e vane test:

- **Campione A**, sondaggio 1, prof. 2.00-2.20 dal p.c.: analisi granulometrica per setacciatura per via umida;
- **Campione B**, sondaggio 1, prof. 3.70-4.10 dal p.c.: analisi granulometrica per setacciatura per via umida;
- **Campione 1 indisturbato** sondaggio 1, prof. 6.00-6.70 dal p.c.:
  - descrizione e determinazione delle caratteristiche volumetriche (contenuto d'acqua, peso di volume umido e secco);
  - Determinazione dei limiti di Atterberg liquido e plastico congiuntamente e degli indici;
  - Analisi granulometrica per aerometria, compresa la vagliatura del trattenuto al setaccio n. 200;
  - Prova di compressione triassiale del tipo non consolidata non drenata (U.U.);
  - Prova Edometrica;

- **Campione C**, sondaggio 1, prof. 8.00-8.20 dal p.c.: analisi granulometrica per setacciatura per via umida;
- **Campione 2 indisturbato** sondaggio 1, prof. 15.00-15.60 dal p.c.:
  - descrizione e determinazione delle caratteristiche volumetriche (contenuto d'acqua, peso di volume umido e secco);
  - Determinazione dei limiti di Atterberg liquido e plastico congiuntamente e degli indici;
  - Analisi granulometrica per aerometria, compresa la vagliatura del trattenuto al setaccio n. 200;
  - Prova di compressione triassiale del tipo non consolidata non drenata (U.U.);
  - Prova Edometrica;
- **Campione D**, sondaggio 1, prof. 21.00-21.30 dal p.c.: -Determinazione dei limiti di Atterberg liquido e plastico congiuntamente e degli indici;
- **Campione 3 indisturbato** sondaggio 1, prof. 25.50-26.10 dal p.c.:
  - descrizione e determinazione delle caratteristiche volumetriche (contenuto d'acqua, peso di volume umido e secco);
  - Determinazione dei limiti di Atterberg liquido e plastico congiuntamente e degli indici;
  - Analisi granulometrica per aerometria, compresa la vagliatura del trattenuto al setaccio n. 200;
  - Prova di compressione triassiale del tipo non consolidata non drenata (U.U.);
  - Prova Edometrica;
- **Campione E**, sondaggio 1, prof. 31.50-31.80 dal p.c.: -Determinazione dei limiti di Atterberg liquido e plastico congiuntamente e degli indici;
- **Campione F**, sondaggio 1, prof. 35.00-35.30 dal p.c.: analisi granulometrica per setacciatura per via umida;
- **Campione G**, sondaggio 1, prof. 35.00-35.30 dal p.c.: analisi granulometrica per setacciatura per via umida;

I tabulati relativi alle indagini geotecniche di laboratorio sono riportati nell'Allegato n° 2: ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO (ditta GEOEMME DUE).

Presso il laboratorio Gruppo C.S.A. SpA di Rimini sono state eseguite su 1 campione d'acqua le seguenti analisi chimiche analisi chimiche:

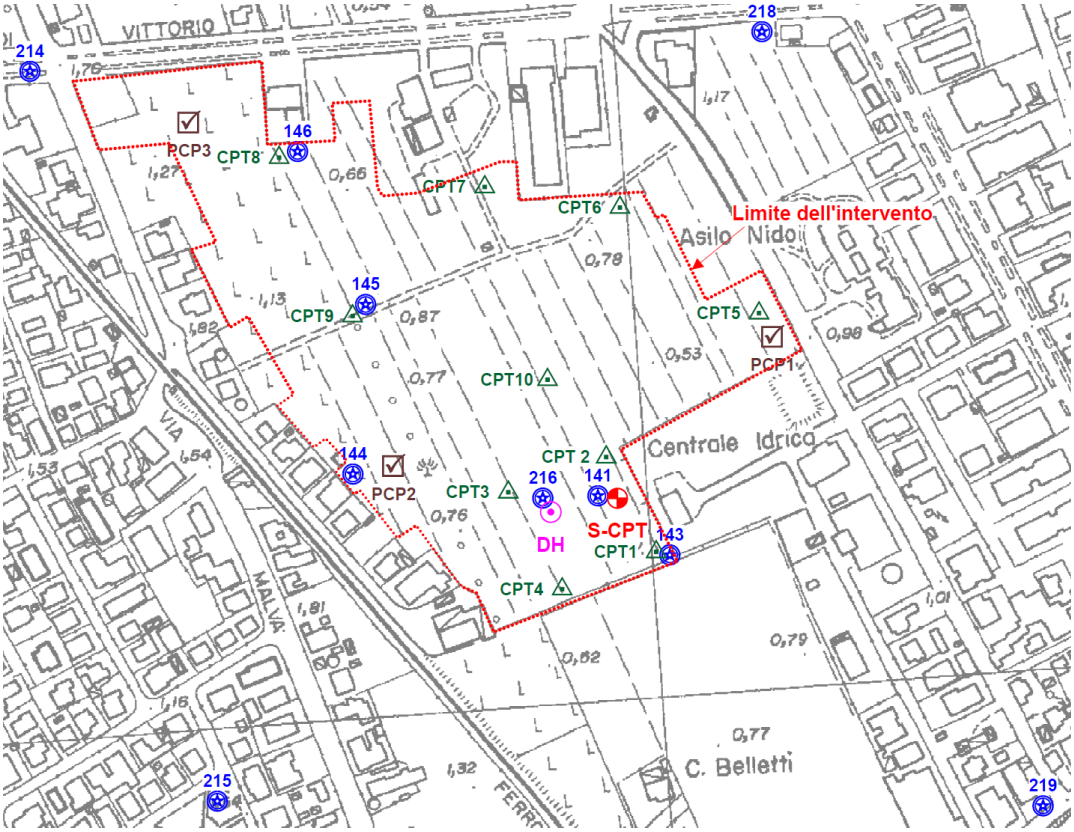
- Campione acqua 1 sondaggio 2, prof. -5.00 dal p.c. analisi chimiche per la determinazione di SO4 2-, PH, CO2; mg/kg sul totale in mg/kg sul totale secondo il metodo descritto in UNI EN ISO 10304-1:2009 e APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003.

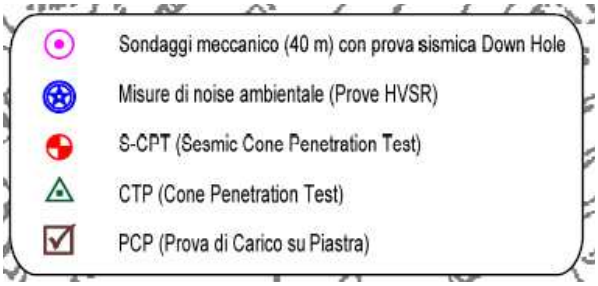
I tabulati relativi alle analisi chimiche eseguite in laboratorio sono riportati in appendice nell'Allegato n° 2: ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO (ditta GEOEMME DUE - C.S.A. SpA).

Nei siti indicati nella planimetria riportata nell'allegato n° 3 a pag. 53 e di seguito evidenziata, sono state eseguite dalla ditta PROGEO srl di Forlì le seguenti indagini geofisiche in sito:

- n° 1 prospezione sismica Down Hole a 40 m di prof. dal p.c. realizzato nel sondaggio meccanico indicato;
- n° 1 cono sismico a 30 m di prof. dal p.c.;
- n° 11 misure di rumore sismico (tecnologia HVSR).

I tabulati relativi alle Indagini Geofisiche e i risultati delle analisi di microzonazione sismica di III° livello, eseguite dalla ditta PROGEO srl di Forlì e sono allegate alla presente integrazione nell'Allegato 3 ANALISI PUNTUALE DI 3° LIVELLO (ditta PROGEO srl).





5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOFISICA

Dalla correlazione/comparazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nel 2015 e le indagini eseguite nel 2011 sul lotto di terreno in aderenza si confermano, visto la coerenza dei risultati, anche per il lotto della presente PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI", sita in Piazzale Artusi, Via Machiavelli i medesimi parametri e considerazioni idrogeologiche, geotecniche e geofisiche già espresse dallo scrivente nel 2011 per il lotto in aderenza ai fini del PIANO URBANISTICO DI INIZIATIVA PRIVATA RELATICO ALLA SCHEDA AREA E5 PRG Comune di Cervia ovvero:
la seguente caratterizzazione litostratigrafica (le quote sono riferite al piano campagna):

Unità geologiche - Parametri geotecnici rilevati dalle prove in sito (min - max)

Successione stratigrafica			CPT				Sondaggio		
UNITA'	prof.	Tipo di terreno	Rp kg/cm²	Cu kg/cm²	ϕ°	Dr %	Pocket penetrometer kg/cm³	Vane Test kPa	consistenza
A	0,0 - 4,0	sabbie cordone litorale AES8	20 - 40	-	28° - 30	35 - 40	-	-	molle
B	4,0 - 11,0	sabbie cordone litorale AES8	30 - 60	-	30° - 35°	35 - 45	-	-	compatte
C	11,0 - 14,0	argille e limi con sostanza organica di palude-laguna AES8	8 - 10	0,2 - 0,3	-	-	0,3 - 0,5	0,15 - 0,2	molto molle
D	14,0 - 34,0	limi e argille alternati a livelli con sostanza organica AES8 / AES7	10 - 20	0,5 - 0,6	-	-	0,7 - 1,5	0,3 - 0,5	molle
E	34,0 - 40,0	sabbia alternata a livelli limoso argillosi AES7	-	-	-	-	1,0 - 1,5	0,2 - 0,5	-

Unità geologiche - Parametri geotecnici rilevati dalle prove laboratorio (media)

Successione stratigrafica			caratteristiche fisico meccaniche					Triassiale	Edometria
UNITA'	prof. Camp.	Tipo di terreno	γ_{nat} kg/cm³	γ_d kg/cm³	W %	Ip	granulometria	U.U.	Eed Modulo Edometrico Ked Coeff. Permeabilità
A	A 2,0-2,2	sabbie cordone litorale AES8	-	-	-	-	sabbia 81,7% limo 18,3% argilla10,6%	-	-
B	S1 6,0 - 6,7	sabbie cordone litorale AES8	1,68	1,28	31,4	18,5	sabbia 43,4% limo 46,0% argilla10,6%	ϕ_{UU} = 0 c = 0,503	81,4 6,97 E-7
	B - C 4,0 - 4,2 8,0 - 8,2		-	-	-	-	ghiaia 0,0 / 2,2 sabbia 81,8 / 87,2% limo 18,2 / 10,6% argilla 0,0 / 0,0%	-	-
C	-	argille e limi con sostanza organica di palude-laguna AES8	-	-	-	-	-	-	-
D	S2 - S3 15,0 - 15,6 25,5 - 26,1	limi e argille alternati a livelli con sostanza organica AES7	1,94	1,44	34,5	38,6	sabbia 1,3-1,5% limo 49,1-42,8% argilla49,6-55,8%	ϕ_{UU} = 0 c = 0,585-0,807	60,4 6,22 E-9
E	F - G 35,0 - 35,2 38,5 - 38,8	sabbia alternata a livelli limoso argillosi AES7	-	-	-	-	sabbia 67,4-57,4% limo 32,6-31,3% argilla 0,0-11,3%	-	-

I valori sopra riportati sono coerenti e utilizzabili come *valori caratteristici* ai fini progettuali come previsto dalle Nuove Norme Tecniche che prevedono per le verifiche di tipo geotecnico l'utilizzo di *valori caratteristici* $\mathbf{R_{ki}}$ e $\mathbf{F_{kj}}$ (frattile inferiore delle resistenze e frattile superiore e inferiore delle azioni che minimizzano la sicurezza (frattili pari al 5%).

La caratterizzazione geofisica è stata desunta dalle prove geofisiche eseguite e sintetizzata nella tabella di seguito:

Unità geologiche - Parametri geofisici (media down hole e media cono sismico)

Successione stratigrafica			caratteristiche geofisiche			
UNITA'	prof.	Tipo di terreno	Vp m/s	Vs m/s	Poisson ν	G_{din} kg/cm²
A	0,0 - 4,0	sabbie cordone litorale AES8	413 / 422	129 / 150	0.39 / 0.42	265 / 382
B	4,0 - 11,0	sabbie cordone litorale AES8	1276 / 1338	160 / 166	0.49 / 0.49	524 / 581
C	11,0 - 14,0	argille e limi con sostanza organica di palude-laguna AES7	1487 / 1388	140 / 124	0.49 / 0.49	413 / 324
D	14,0 - 34,0	limi e argille alternati a livelli con sostanza organica AES8 / AES7	1523 / 1729	207 / 225	0.49 / 0.49	923 / 1115
E	34,0 - 40,0	sabbia alternata a livelli limoso argillosi AES7	1608	271	0.49	1569

Dall'elaborazione di misure di taglio S acquisite dalle indagini sismiche eseguite (Down Hole, Cono Sismico, HVSR) si possono classificare i depositi del sito in esame in relazione alle "Norme tecniche per le costruzioni (D.M. del 14 gennaio 2008) secondo i seguenti parametri:

DOWN HOLE

L'indagine Down Hole è stata realizzata nel sondaggio S1 fino alla profondità di 40 m.

I certificati di prova sono riportati al termine della presente relazione dalla fig 2 alla fig. 5. La stratigrafia del sondaggio S1 è stata associata ai parametri desunti alla prova Down Hole.

In base al log della velocità delle onde di taglio si ricavano i seguenti parametri:

V_{s30} = 165 m/sec

categoria D

Così definita dalla tabella 3.2.III delle NTC 08:

D *- Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di* Vs_{30} *< 180 m/s (N SPT < 15,* c_u *<70 kPa).*

CONO SISMICO

Le risultanze del cono sismico sono espresse in fig 6 e 7 dove a lato della tabella numerica (parametri elastici fino a 30 m) sono presenti i due log della velocità delle onde di compressione e di taglio.

In base al log della velocità delle onde di taglio si ricavano i seguenti parametri:

V_{s30} = 178 m/sec

categoria D

Dai log si ricava una partizione costituita da un primo livello da 0 a circa 4 m di profondità dal p.c. con Vp crescente che si stabilizza a circa 13 m di profondità nell'intorno di 1.5 km/sec a meno di alcune limitate oscillazioni evidenti prevalentemente dal log di Vp desunto dal cono sismico. Il down hole, per le sue modalità operative, tende in maggior misura a omogeneizzare il profilo di velocità.

Il log di Vs si presenta più omogeneo di quello in Vp con graduale incremento della velocità in profondità. Si evidenziano parziali decrementi della velocità in corrispondenza dei livelli più "molli", in modo particolare tra 11 e 14 m dove sono presenti le argille organiche.

Coefficienti Sismici

Dalle prove specifiche finalizzate alla determinazione della risposta sismica locale , l'*accelerazione massima attesa* dell'area è pari:

Accelerazione Massima attesa	**a_{max} = 0.233 g**

Con accelerazione del sito a_g/g = 0,208 (0,2 < a_g/g < 0,4) e un terreno di categoria C si determina un *coefficiente di riduzione* dell'accelerazione massima attesa del sito pari a (NTC 2008 Tab. 7.11.I):

Tabella 7.11.I – *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.*

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa del sito	**β_s = 0,28**

I *coefficienti sismici orizzontali e verticali* dell'onda sismica riferita all'area in esame sono: (NTC 2008 eq. 7.11.3, eq. 7.11.4):

coefficiente sismico orizzontale del sito	$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$	**k_h = 0,065**
coefficiente sismico verticale del sito	$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$	**k_v = 0,033**

mentre i valori del Fattore di Amplificazione nei segmenti previsti dalle norme tecniche sono i seguenti:

Fa $_{0.1\ s\ -\ To\ -\ 0.5\ s}$ = 2.11
Fa $_{0.5\ s\ -\ To\ -\ 1.0\ s}$ = 2,67

6. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il livello di falda, rilevato contestualmente alle indagini a quote prossime a -1.30 m di profondità dal p.c., è passibile di innalzamenti verso quote più superficiali.
Nella verifica numerica alla liquefazione, condotta dal Dott. Furani Maurizio "in continuo su tutte le 10 prove penetrometriche statiche CPT, il livello di acqua nel sottosuolo è stato considerato alla quota di -0.50 m dal p.c., ponendosi quindi nella situazione meno cautelativa, come peraltro espressamente indicato dai contenuti della L.R.20/2000 (all.3 - punto A).
Dalle verifiche è emerso che in tutte le verifiche il valore di LPI rientra nel range compreso tra 0 e 2, indicativo di un **rischio basso** essendo il valore massimo rilevato di LPI=0.23 in corrispondenza della CPT5.
Valutando il Fattore di sicurezza FSL di tutte le prove si rileva che è quasi ovunque superiore al valore di 1 tranne in qualche punto sulle verticali delle CPT che si approssima a questo (si rimanda ai log al termine della relazione della PROGEO srl).

Dalla stima dei cedimenti permanenti post-sismici, realizzata sempre dal Dott. Maurizio Furani applicando le procedure di Robertson 2010, emerge che, a titolo indicativo e di stima, si possono verificare cedimenti verticali permanenti post-sismici cumulativi massimi di 2.43 cm e spostamenti laterali cumulativi di 13 cm sulla prova CPT5.
Tutte le rimanenti prove presentano deformazioni permanenti post-sismiche in misura decisamente inferiore in particolare nell'area dove è prevista la realizzazione della struttura commerciale (prove CPT 1-2-3-4).

7. PROFONDITÀ' D'IMPOSTA E TIPO DI FONDAZIONE

LOTTI AD USO RESIDENZIALE:
Considerando che Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua, a seguito di quanto emerso dalle indagini in sito, si consiglia il progettista strutturalista, visto le caratteristiche delle opere residenziali in progetto, di adottare un sistema fondale diretto completamente impermeabilizzato posato alla quota di almeno -1.20 dal piano di campagna attuale distribuendo i carichi della struttura al disotto dello strato di terreno interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua.

Si consiglia esplicitamente di impermeabilizzare completamente la fondazione in quanto la superficie piezometrica, che giace attualmente a -1.30 m dal piano di campagna attuale potrebbe, a seguito di intense precipitazioni meteoriche, risalire fino a -0.50 m dal piano di campagna.
La presenza di fondazioni dirette immerse in falda, considerando il loro approfondimento limitato, visto la quota della superficie piezometrica, la dimensione e la forrma delle fondazioni rispetto l'area d'intervento, è tale da potere essere considerata trascurabile relativamente all'interferenza con la falda stessa.

8. VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE

Il progettista calcolatore potrà procedere alla scelta tipologica ed al dimensionamento dei sistemi fondali utilizzando i valori geotecnici e geofisici del terreno riportati nel paragrafo § 5. desunti dal confronto delle indagini geognostiche eseguite.

La valutazione della capacità portante dovrà essere realizzata secondo quanto disposto dal D.M. 14/01/2008 e quindi secondo la verifica agli stati ultimi (SLU) in funzione della profondità del piano di posa e del tipo di sistema fondale adottato per ogni singola struttura dell'area del piano attuativo oggetto della richiesta ed in funzione della ubicazione esatta delle strutture stesse.

Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$E_d \leq R_d \quad \text{(NTC 2008 eq. 6.2.1)}$$

dove

E_d è il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni;

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (*Approccio 1*) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la *prima combinazione* è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la *seconda combinazione* è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (*Approccio 2*) è prevista un'*unica combinazione* di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

9. OPERE ACCESSORIE

Il piano urbanistico di iniziativa privata preve opere accessorie quali strade e parcheggi.
Per la realizzazione di tali opere il progettista potrà procedere tenendo conto delle caratteristiche delle caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno di sottofondo in posto desunte dai rilievi e dalle prove di carico su piastra eseguite in sito.
Le prove di carico su piastra, eseguite nei siti evidenziati in Fig. 3, secondo la normativa Svizzera SN 670317a (1981) previa asportazione dello strato di terreno vegetale pari a 30 cm, hanno determinato i seguenti risultati:

Diametro piastra 30,00 cm *Area piastra 700,00 cm^2*

Prova di carico su piastra n°	Modulo di Deformazione 1° ciclo di carico **Me1** kN/m^2	Modulo di Deformazione 2° ciclo di carico **Me2** kN/m^2
1	**16759,78**	**136363,64**
2	**18987,34**	**93750,00**
3	**16853,93**	**176470,59**

Al terreno di sottofondo presente in posto è possibile attribuire e le seguenti caratteristiche geotecniche:

- Sottogruppo: A2-4 (classificazione delle terre secondo le norme italiane CRN-UNI 10006);
- Indice di Gruppo Ig = 0;
- qualità portanti in assenza di gelo buona;
- azione del gelo sulle qualità portanti lieve;
- capacità di ritiro o rigonfiamento nulla;
- permeabilità da media a elevata.

Dall'elenco di queste caratteristiche si può desumere che il terreno di fondazione in posto presenta caratteristiche di resistenza "buone".

Considerando il valore dell'Indice di Gruppo del terreno di fondazione in posto (sottofondo) pari a **Ig=0**, utilizzando il grafico proposto da D.J. Steele del 1945 per il dimensionamento, speditivo e orientativo, delle sovrastrutture stradali si ottengono i seguenti spessori minimi:

Sottofondo con Ig = 0:
Strade ad alta percorrenza (rotatorie, strade principali, ecc) eventualmente di veicoli industriali con passaggi giornalieri superiori pari a 300 (traffico medio)

strato di usura + binder	≥	5 cm
base legata (stabilizzato)	≥	5 cm
base granulare	≥	10 cm
fondazione	≥	10 cm
TOTALE SPESSORE SOVRASTRUTTURA	≥	30 cm

10. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO STATICO

Valutando l'interazione terreno-struttura secondo la teoria di Winkler si ottengono i seguenti valori di coefficiente di sottofondo statico:

Profondità posa fondazioni dal piano campagna: da -0.50m a -1.20m;
Fondazione diretta
Natura litologica: Incoerente

Approccio 1 Combinazione 1: (A1+M1+R1)		Approccio 1 Combinazione 2: (A2+M2+R2)		Approccio 2 (A1+M1+R3)	
PROVA DI CARICO SU PIASTRA N°	*Costante di Winkler* k_{ps} *kg/cm³*	PROVA DI CARICO SU PIASTRA N°	*Costante di Winkler* k_{ps} *kg/cm³*	PROVA DI CARICO SU PIASTRA N°	*Costante di Winkler* k_{ps} *kg/cm³*
1	*4,40*	1	*3,52*	1	*4,40*
2	*3,21*	2	*2,57*	2	*3,21*
3	*4,18*	3	*3,34*	3	*4,18*

11. CONSIDERAZIONI SUI CEDIMENTI

Nel caso in esame, tenendo in considerazione la sovrapposizione degli effetti, le caratteristiche geotecniche dei terreni e le caratteristiche strutturali di progetto dei vari edifici non siamo in presenza di fondazioni compensate ovvero il peso del volume di terreno asportato per raggiungere il piano di posa delle fondazioni è inferiore alla pressione esercitata dalla costruzione dei fabbricati e pertanto *durante la progettazione esecutiva dei singoli fabbricati si dovrà procederà alla quantificazione esatta dei potenziali cedimenti per ogni singolo edificio che comunque si prevede non superino i 2-3 cm.*

Dalla stima dei cedimenti permanenti post-sismici, realizzata nel 2011 sempre dal Dott. Maurizio Furani applicando le procedure di Robertson 2010, emerge che, a titolo indicativo e di stima, si possono verificare cedimenti verticali permanenti post-sismici cumulativi massimi di 2.43 cm e spostamenti laterali cumulativi di 13 cm.

12. CONCLUSIONI

Date le caratteristiche geologiche, geotecniche e geofisiche dell'area e dei terreni che ne compongono l'immediato sottosuolo in relazione alle caratteristiche strutturali degli interventi in progetto ed alle condizioni di falda, si ritiene che l'area sia idonea a quanto previsto dalla proposta di PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI", sita in Piazzale Artusi, Via Machiavelli ovvero alla realizzazione di 5 lotti edificabili ad uso residenziale e alle opere di urbanizzazione ovvero parcheggi e strade per il collegamento delle aree alle rotonda Pertini.

Le verifiche previste dal D.M. 14/01/2008 e dei potenziali cedimenti andranno determinate in fase di progetto esecutivo per ogni singola struttura.

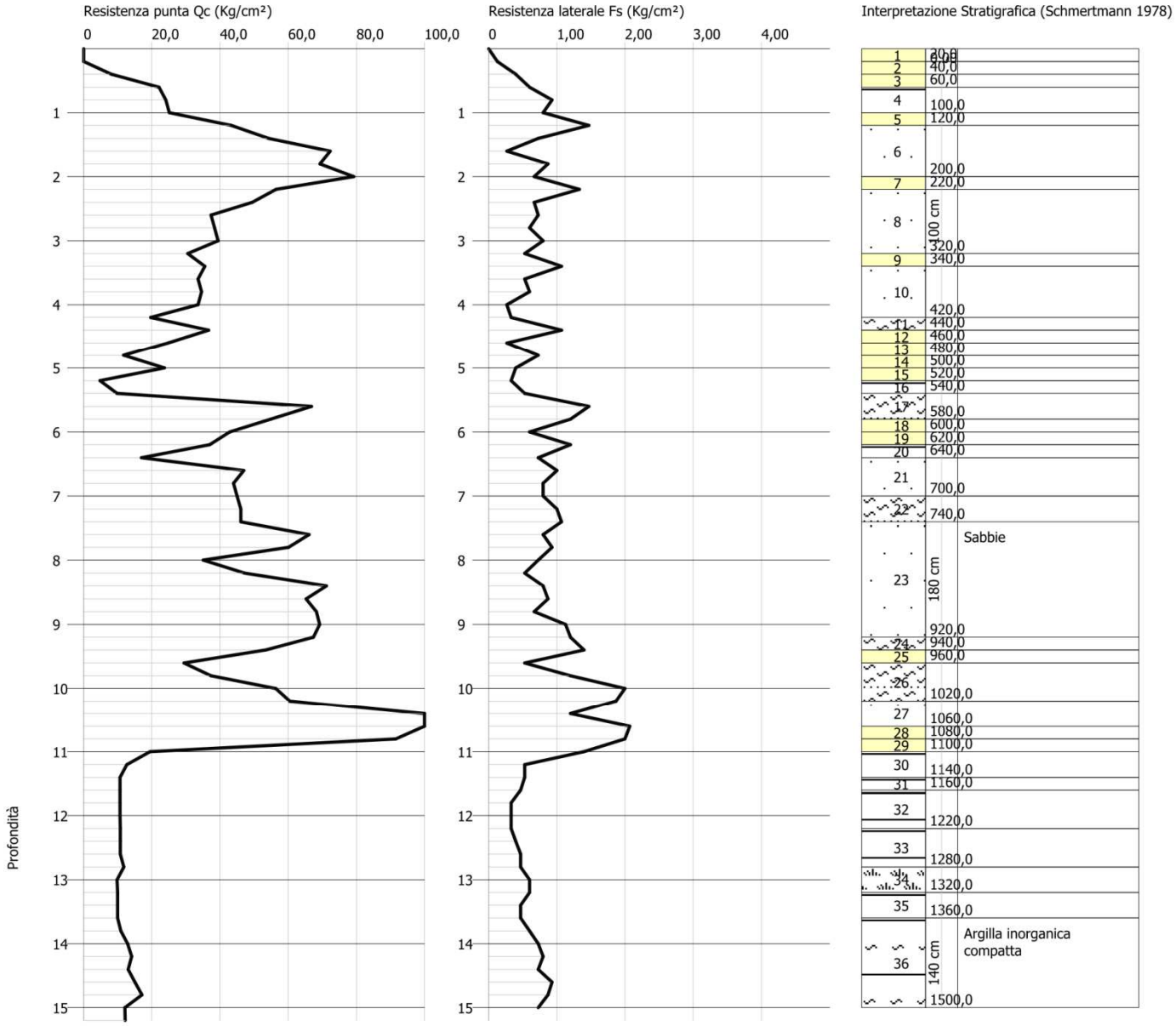
Nel caso durante i lavori la D.L. riscontrasse situazioni anomale o comunque non previste dal presente elaborato sarà necessaria un'ulteriore visione dell'area per consigliare gli interventi del caso.

Dott. Geol. Alberto Bolognesi

GEODE
Laboratorio Geotecnico - Servizi Geologici
RIMINI

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
Strumento utilizzato... PAGANI 73/200
Diagramma Resistenze qc fs

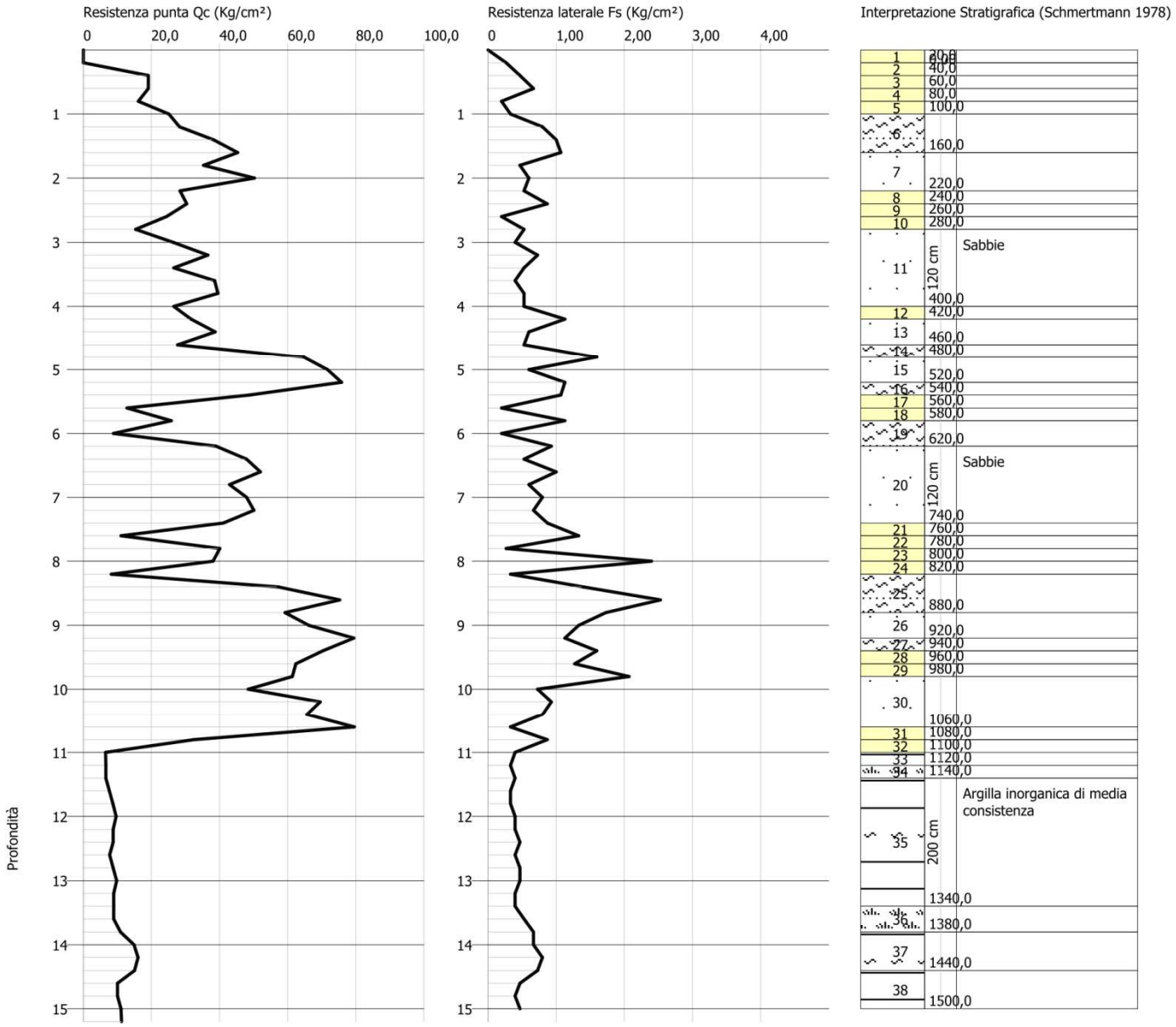
Committente: **DIANA MARIA - BELLETTI GIANLUCA - BELLETTI GIAMPIERO - PIRACCINI LIDIA - ZANUCCOLI LORETTA**
Cantiere: **VIA NICOLO' MACHIAVELLI**
Località: **MILANO MARITTIMA CERVIA RA**
Data: **26-03-2015** PRONDITA' FALDA: **-1.30 m dal piano di campagna**



GEODE
Laboratorio Geotecnico - Servizi Geologici
RIMINI

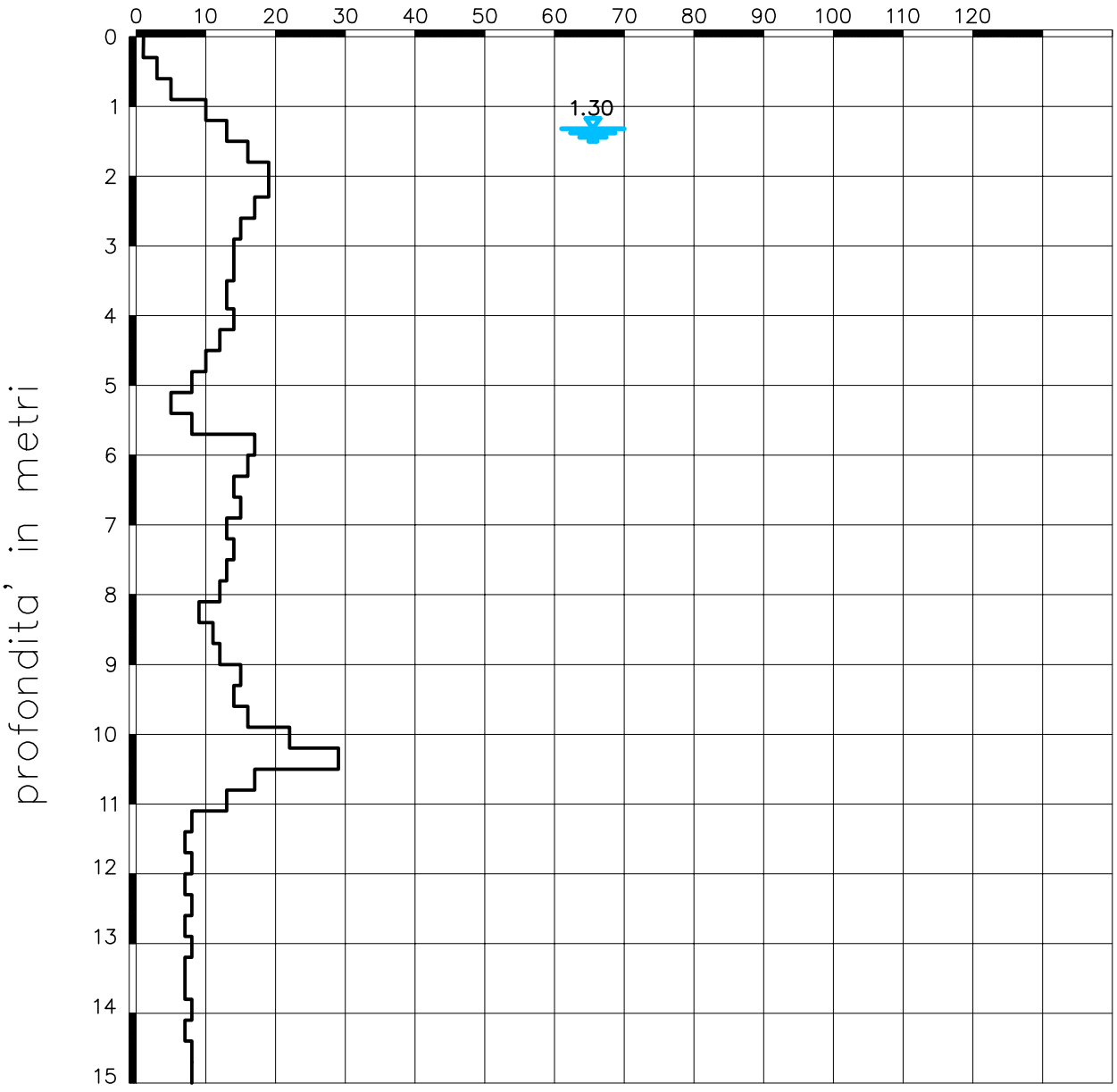
Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato... PAGANI 73/200
Diagramma Resistenze qc fs

Committente: **DIANA MARIA - BELLETTI GIANLUCA - BELLETTI GIAMPIERO - PIRACCINI LIDIA - ZANUCCOLI LORETTA**
Cantiere: **VIA NICOLO' MACHIAVELLI**
Località: **MILANO MARITTIMA CERVIA RA**
Data: **26-03-2015** PRONDITA' FALDA: **-1.30 m dal piano di campagna**



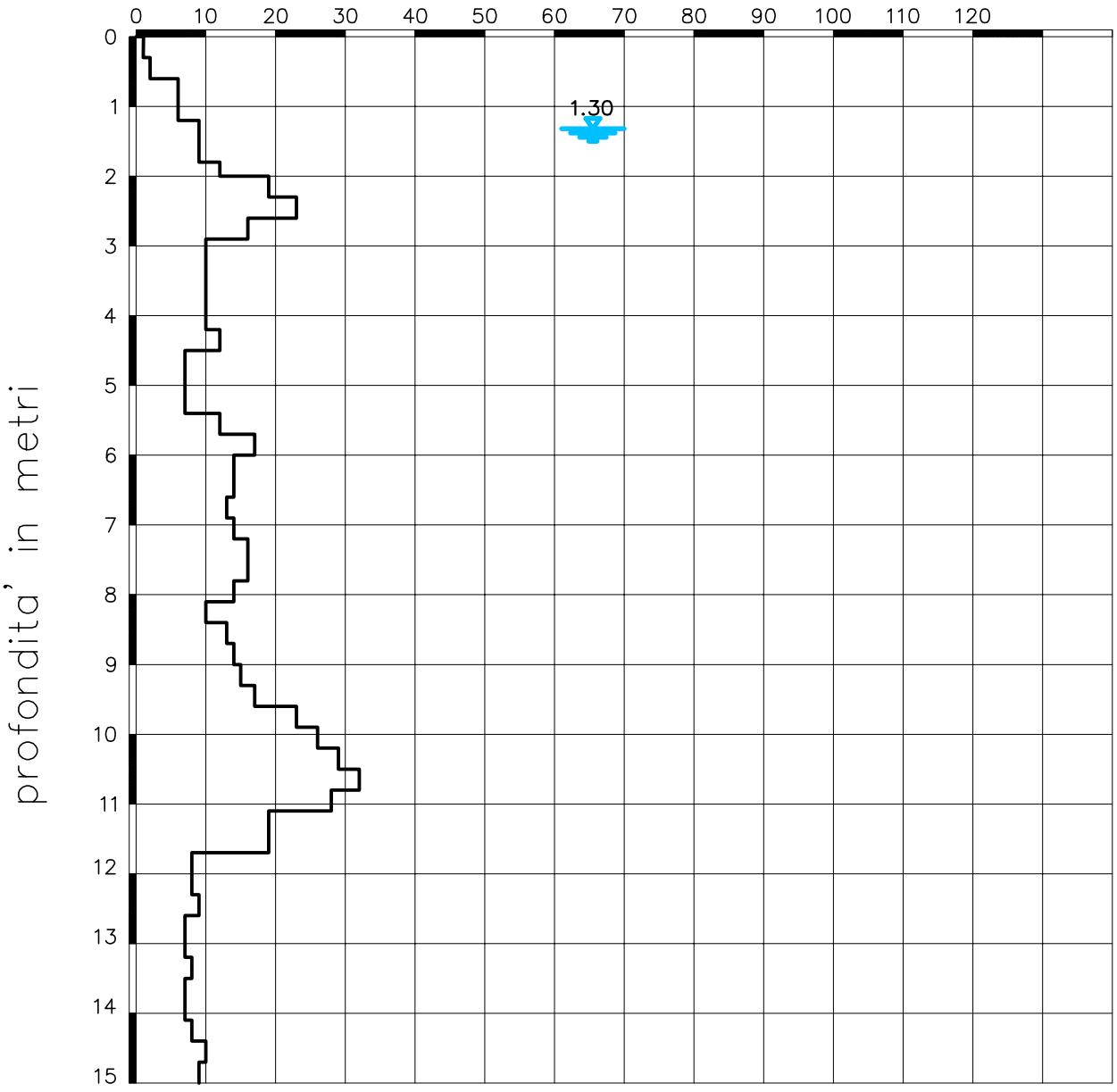
Committente: BELLETTI–PIRACCINI ZANUCCOLI	PENETROMETRIA SCPT n. 1
Località: MILANO MARITTIMA – CERVIA RA	
Cantiere: VIA MACHIAVELLI – P.LE ARTUSI	DATA: MARZO 2015

COLPI PER 30 cm DI AVANZAMENTO



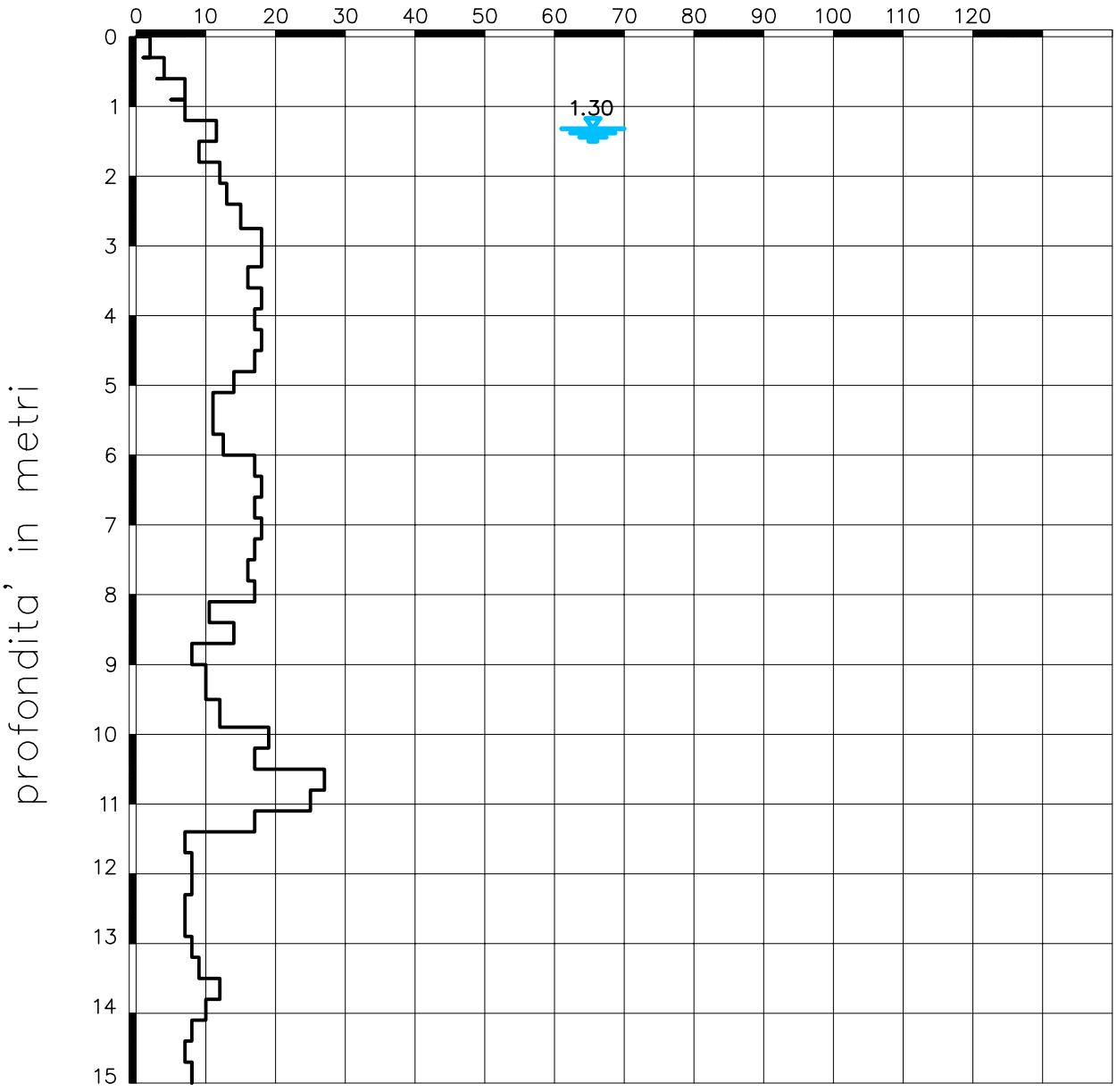
Committente: BELLETTI–PIRACCINI ZANUCCOLI	PENETROMETRIA SCPT n. 2
Località: MILANO MARITTIMA – CERVIA RA	
Cantiere: VIA MACHIAVELLI – P.LE ARTUSI	DATA: MARZO 2015

COLPI PER 30 cm DI AVANZAMENTO



Committente: BELLETTI–PIRACCINI ZANUCCOLI	PENETROMETRIA SCPT n. 3
Località: MILANO MARITTIMA – CERVIA RA	
Cantiere: VIA MACHIAVELLI – P.LE ARTUSI	DATA: MARZO 2015

COLPI PER 30 cm DI AVANZAMENTO



RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: Belletti-Piraccini-Zanuccoli

CODICE LAVORO: 950-192-1
CODICE PROVA: 162

LOCALITA':	Via Malva Nord, Cervia RA		
DATA PROVA:	03/04/2015	**TERRENO DI MISURA:**	naturale
LONGITUDINE:	12.343649°	**ACCOPPIAMENTO:**	appoggio
LATITUDINE:	44.262455°	**ORIENTAMENTO:**	Nord
QUOTA (m.s.l.m.):	1	**CONDIZIONI METEO:**	Sun

FOTO AEREA (Google Earth)

FOTO AREA DI INDAGINE

RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: **Belletti-Piraccini-Zanuccoli**

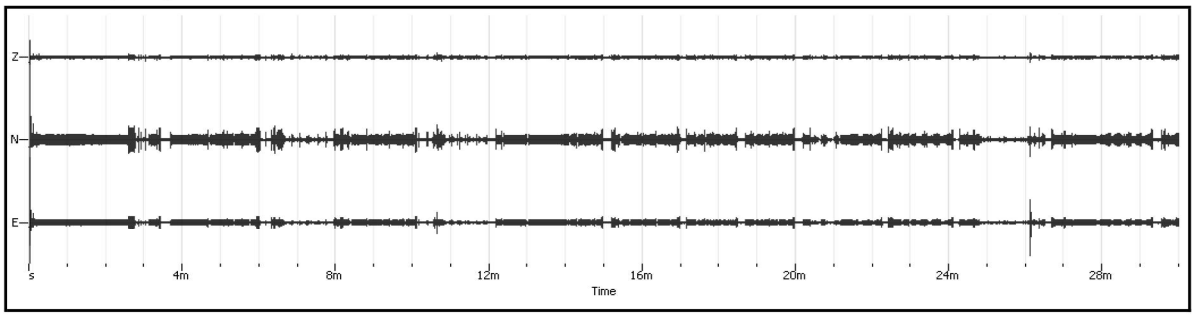
CODICE LAVORO: **950-192-1**

CODICE PROVA: **162**

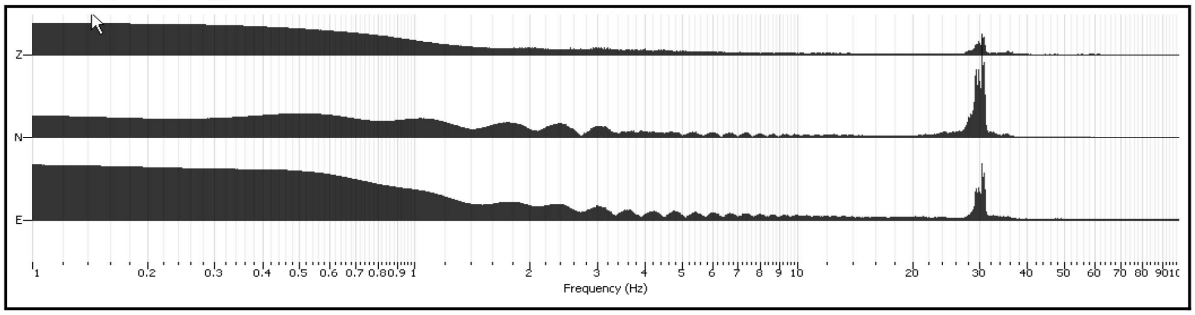
PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	
Apparecchiatura di misura	Sara SL 07
Lunghezza registrazione	20 min
Fine registrazione	09:58:00
Frequenza di campionamento	200 Hz

PARAMETRI DI ELABORAZIONE	
Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costant	40
Taper	0.5%
Low Pass	15 Hz
N° of windows	64

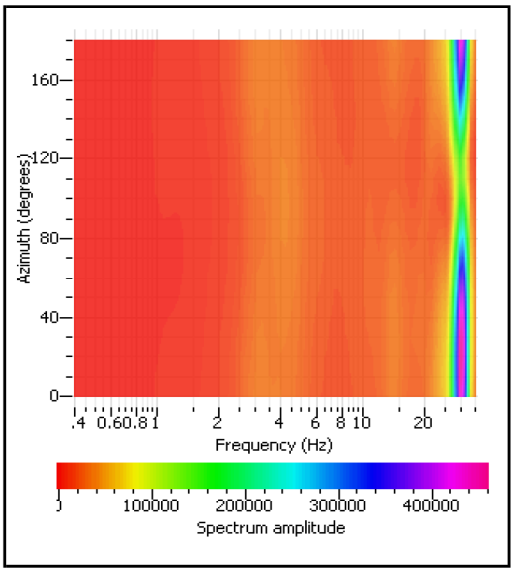
RECORD (Time)



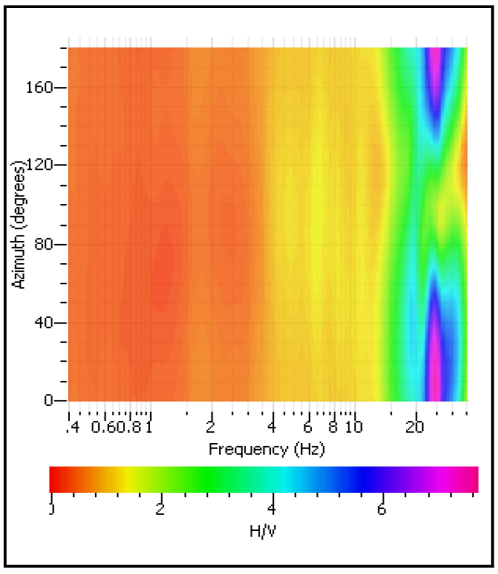
RECORD (Frequenzy)



HORIZONTAL SPECTRUM ROTATE



HV ROTATE RESULTS



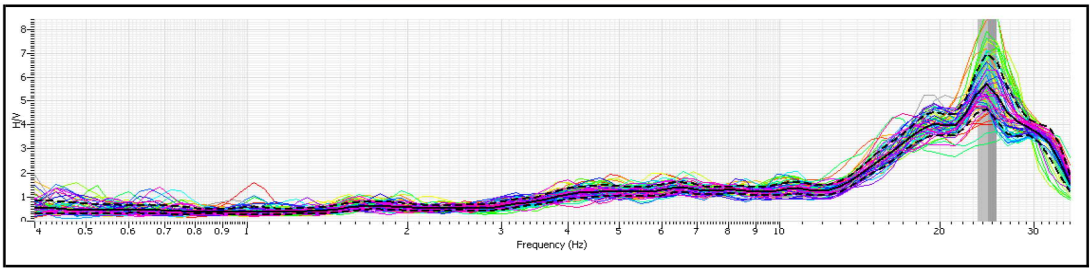
RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE **Belletti-Piraccini-Zanuccoli**

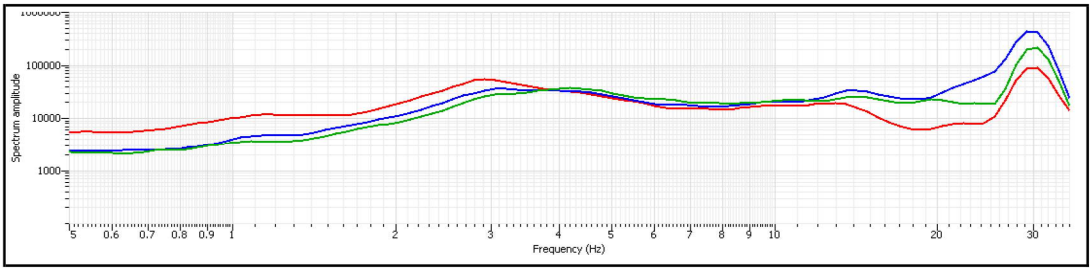
CODICE LAVORO 950-192-1
CODICE PROVA 162

RAPPORTO SPETTRALE H/V

Max HVSR 24.56 ± 1 Hz.



SPETTRO SINGOLE COMPONENTI



Criteri per una curva H/V affidabile

[tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

f0	24.56		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	24.56 > 10/20	☑	
nc (f0) > 200	34875.2 > 200	☑	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 11 out of 100 times		☒
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz			

Criteri per un picco H/V chiaro

[almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in [f0/4, f0] | AH/V(f^-) < A0/2	0 Hz		☒
Exists f^+ in [4f0, f0] | AH/V(f^+) < A0/2	0 Hz		☒
A0 > 2	5.71 > 2	☑	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-24.56 < 0.05	☑	
σf < ε(f0)	1.0036 < 1.228	☑	
σA(f0) < θ(f0)	0 < 1.58	☑	

Lw	Window lenght
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition σf < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f -	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f+	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f+) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

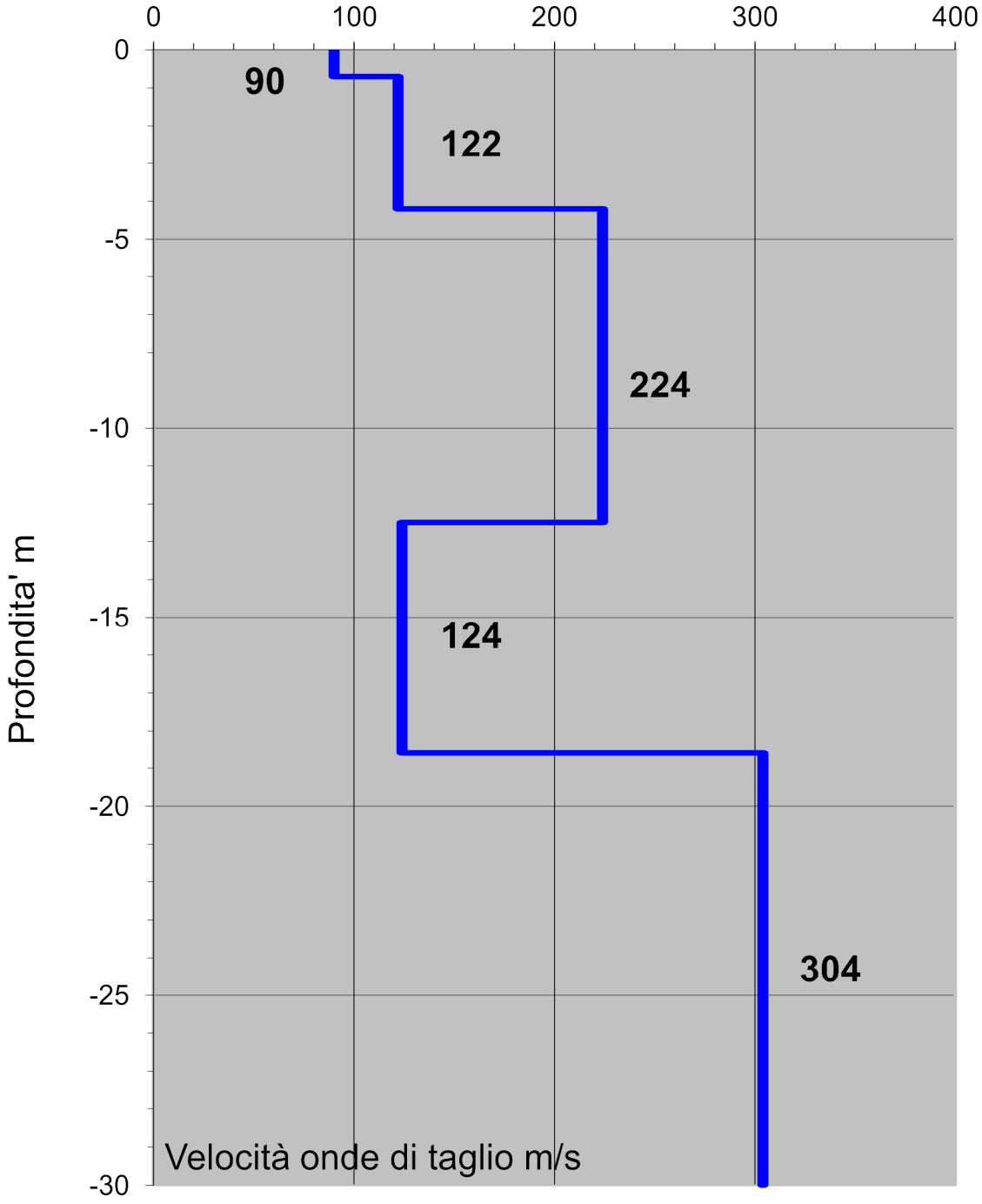
Thresold value for σf and σA(f0)					
Freq. Range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogH/V(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

In accordo con SESAME Guidelines 2005

Belletti-Piraccini-Zanuccoli

CODICE LAVORO - 950-192-1

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 14/01/2008)

Vs_{30} = 187 m/sec

Suolo C

RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: Belletti-Piraccini-Zanuccoli

CODICE LAVORO: 950-192-2
CODICE PROVA: 163

LOCALITA':	Via Malva Nord, Cervia RA		
DATA PROVA:	03/04/2015	**TERRENO DI MISURA:**	naturale
LONGITUDINE:	12.343209°	**ACCOPPIAMENTO:**	appoggio
LATITUDINE:	44.262748°	**ORIENTAMENTO:**	Nord
QUOTA (m.s.l.m.):	1	**CONDIZIONI METEO:**	Sun

FOTO AEREA (Google Earth)

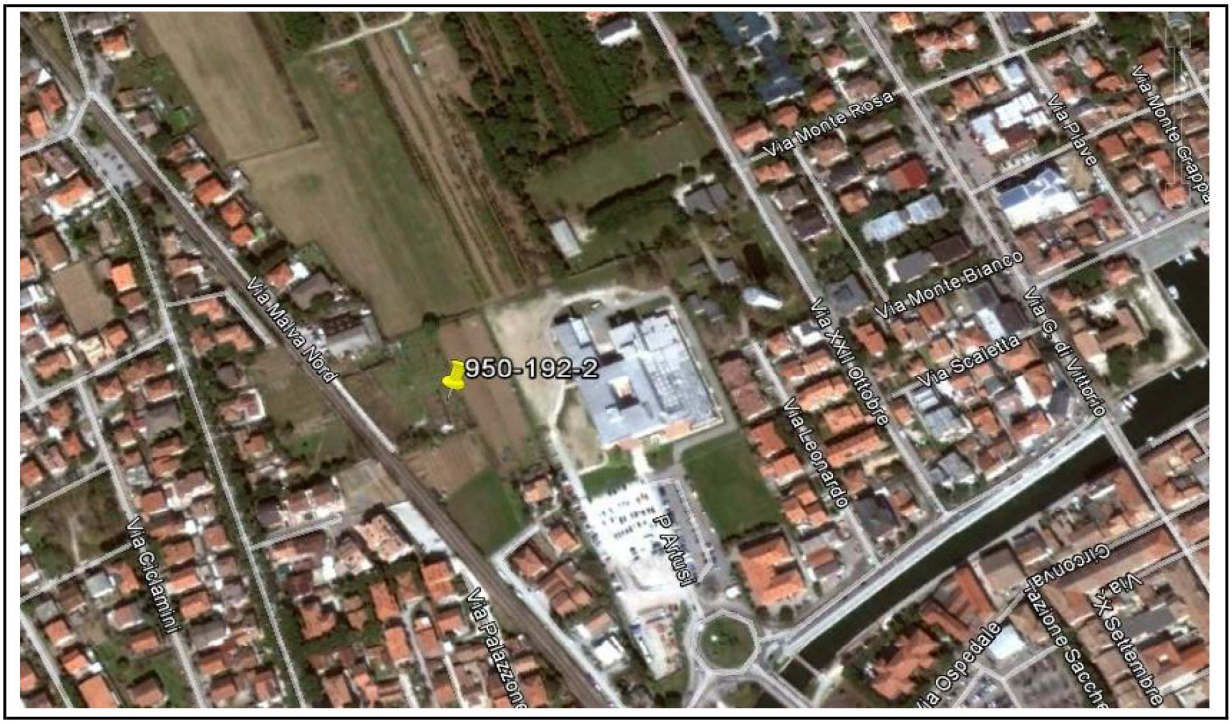


FOTO AREA DI INDAGINE

RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: **Belletti-Piraccini-Zanuccoli**

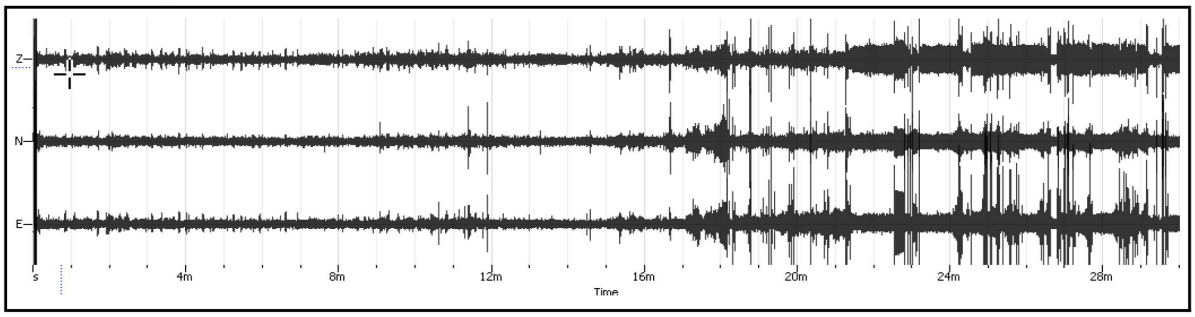
CODICE LAVORO: **950-192-2**

CODICE PROVA: **163**

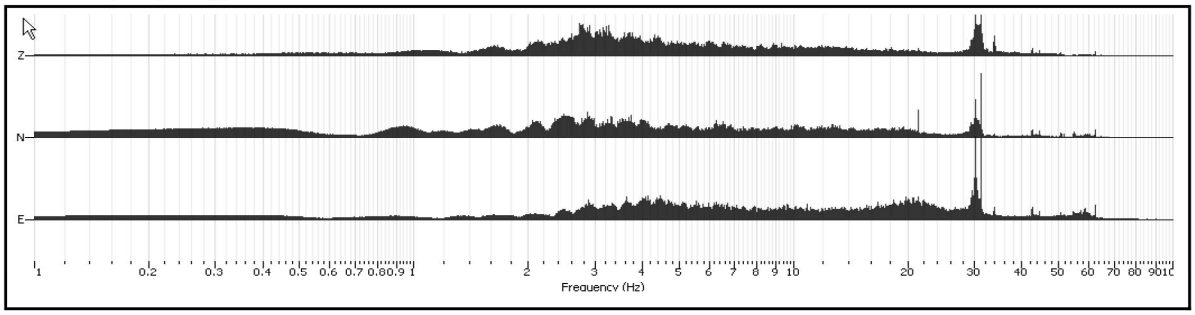
PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	
Apparecchiatura di misura	Sara SL 07
Lunghezza registrazione	20 min
Fine registrazione	09:35:00
Frequenza di campionamento	200 Hz

PARAMETRI DI ELABORAZIONE	
Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costant	40
Taper	0.5%
Low Pass	15 Hz
N° of windows	37

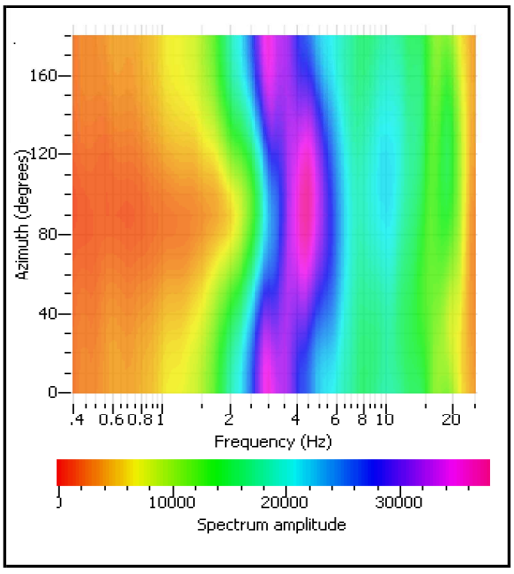
RECORD (Time)



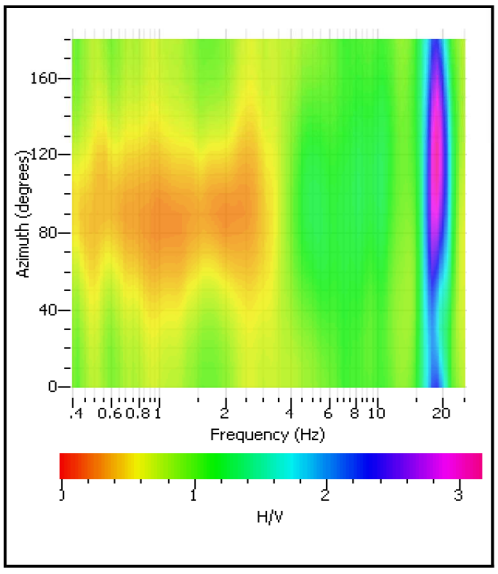
RECORD (Frequenzy)



HORIZONTAL SPECTRUM ROTATE



HV ROTATE RESULTS



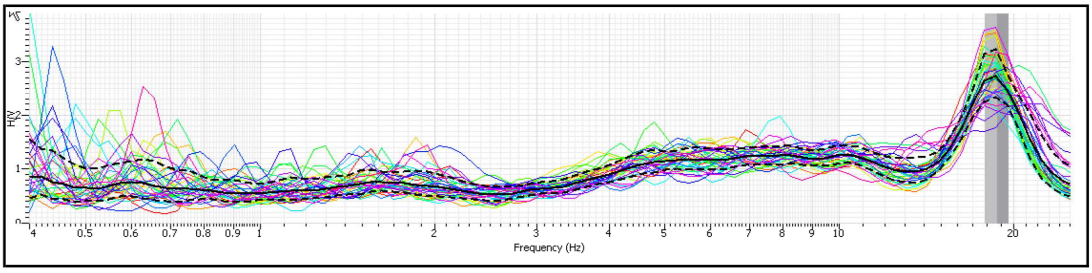
RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE **Belletti-Piraccini-Zanuccoli**

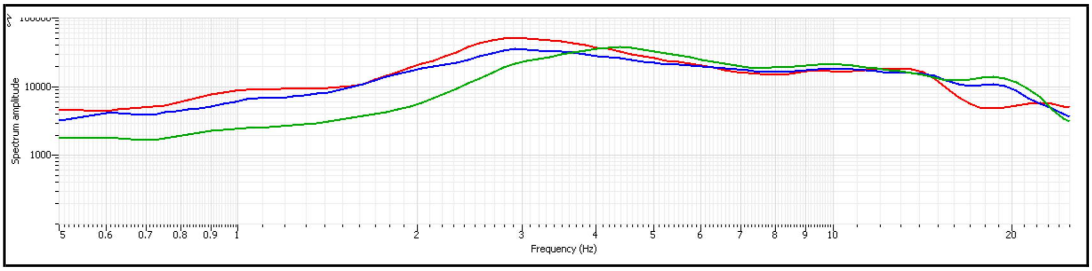
CODICE LAVORO 950-192-2
CODICE PROVA 163

RAPPORTO SPETTRALE H/V

Max HVSR 18.73 ± 0.89 Hz.



SPETTRO SINGOLE COMPONENTI



Criteri per una curva H/V affidabile

[tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

f0	18.73		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	18.73 > 10/20	☑	
nc (f0) > 200	26596.6 > 200	☑	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of 100 times	☑	
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz			

Criteri per un picco H/V chiaro

[almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in [f0/4, f0] | AH/V(f^-) < A0/2	0 Hz		☒
Exists f^+ in [4f0, f0] | AH/V(f^+) < A0/2	0 Hz		☒
A0 > 2	2.74 > 2	☑	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-18.73 < 0.05	☑	
σf < ε(f0)	0.899199999999997 < 0.	☑	
σA(f0) < θ(f0)	0 < 1.58	☑	

Lw	Window lenght
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition σf < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f -	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f+	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f+) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

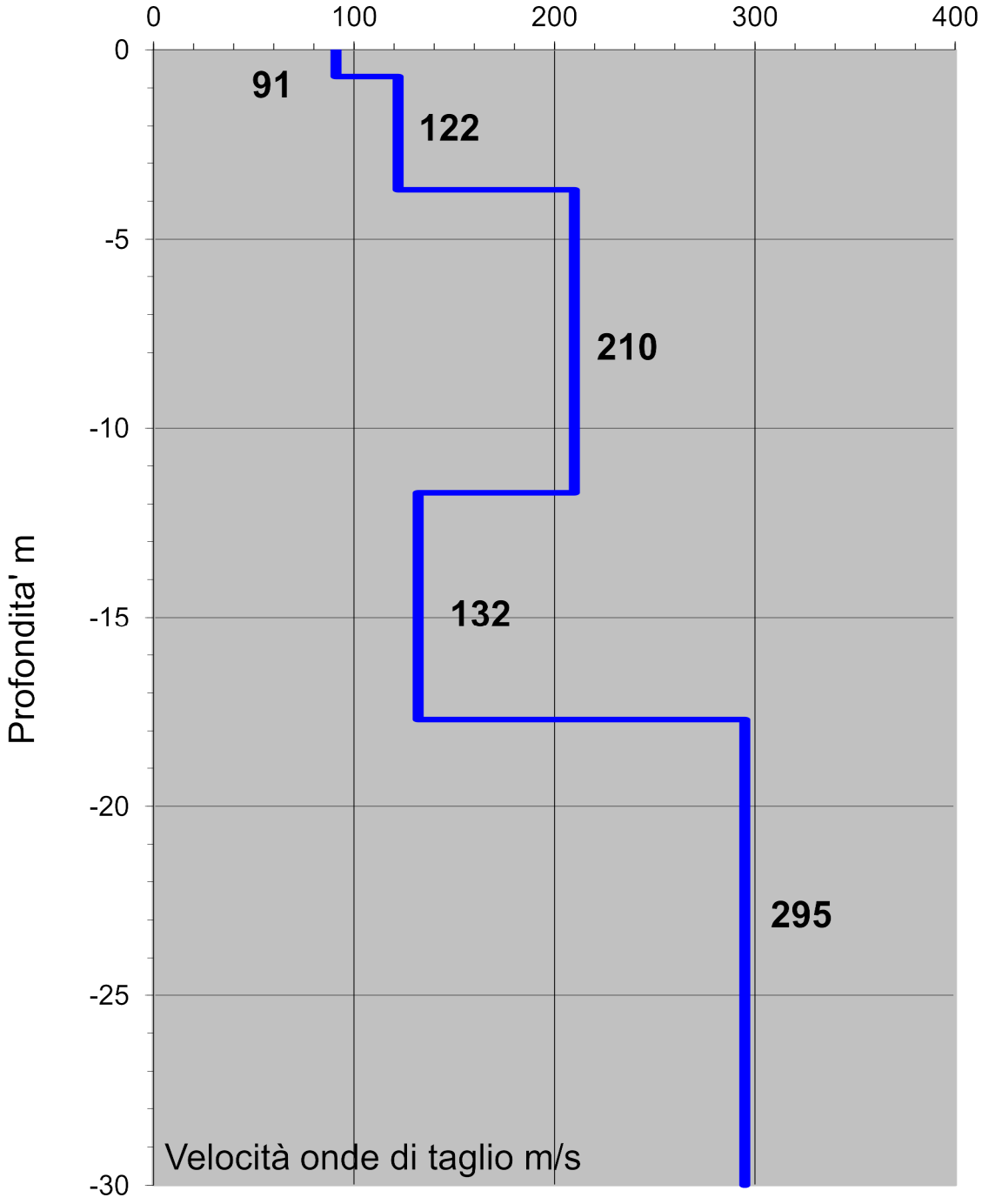
Thresold value for σ_f and $\sigma_{A(f_0)}$					
Freq. Range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ (Hz)	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_{A(f_0)}$	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V(f_0)}$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

In accordo con SESAME Guidelines 2005

Belletti-Piraccini-Zanuccoli

CODICE LAVORO - 950-192-2

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 14/01/2008)

Vs_{30} = 190 m/sec

Suolo C

RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: Belletti-Piraccini-Zanuccoli

CODICE LAVORO: 950-192-3
CODICE PROVA: 164

LOCALITA':	Via Malva Nord, Cervia RA		
DATA PROVA:	03/04/2015	**TERRENO DI MISURA:**	naturale
LONGITUDINE:	12.342585°	**ACCOPPIAMENTO:**	appoggio
LATITUDINE:	44.262796°	**ORIENTAMENTO:**	Nord
QUOTA (m.s.l.m.):	1	**CONDIZIONI METEO:**	Sun

FOTO AEREA (Google Earth)

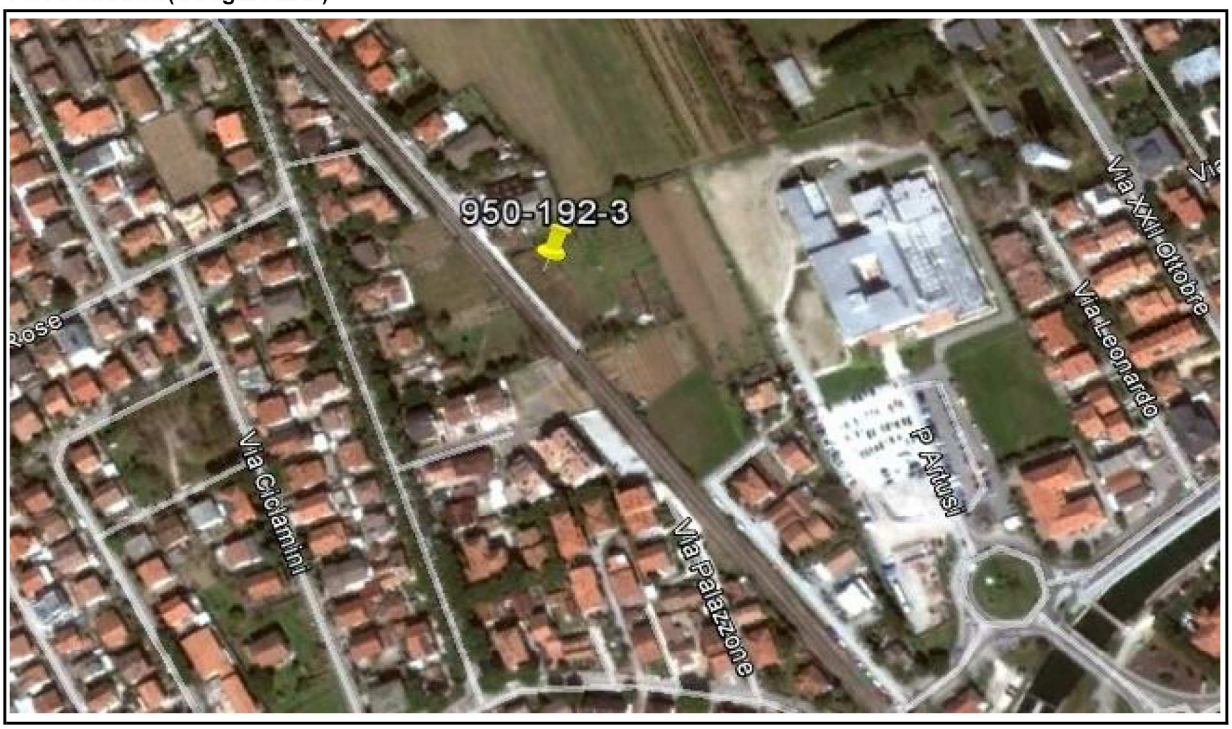


FOTO AREA DI INDAGINE

RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: **Belletti-Piraccini-Zanuccoli**

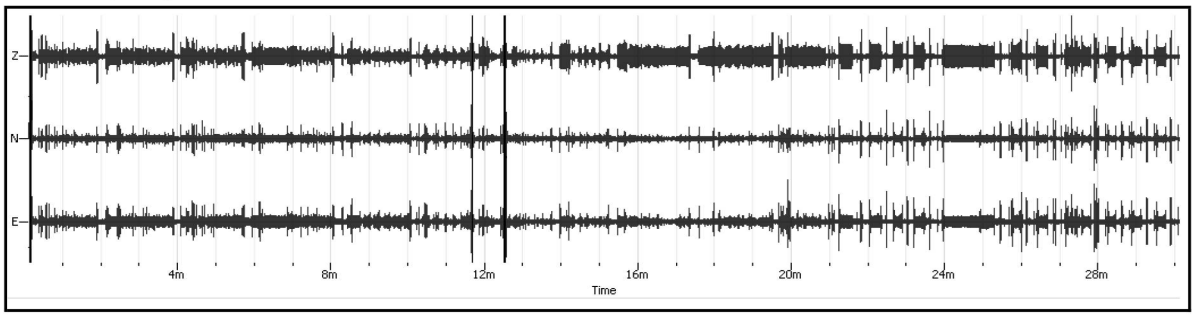
CODICE LAVORO: **950-192-3**

CODICE PROVA: **164**

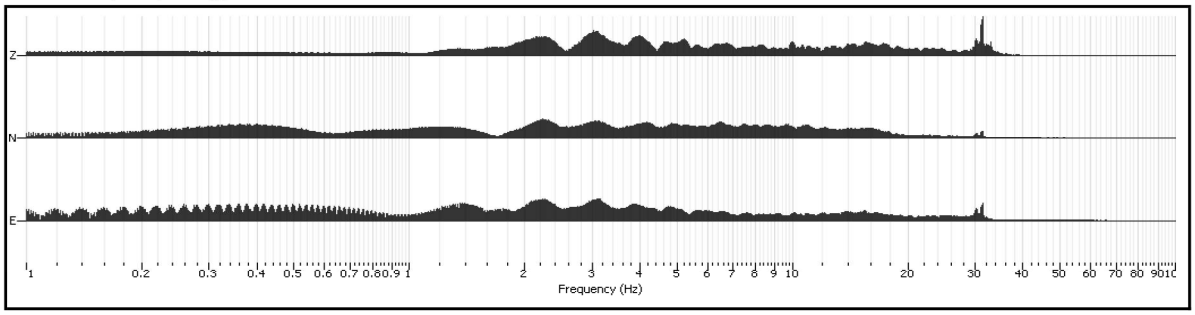
PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	
Apparecchiatura di misura	Sara SL 07
Lunghezza registrazione	20 min
Fine registrazione	09:35:00
Frequenza di campionamento	200 Hz

PARAMETRI DI ELABORAZIONE	
Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costant	40
Taper	0.5%
Low Pass	15 Hz
N° of windows	60

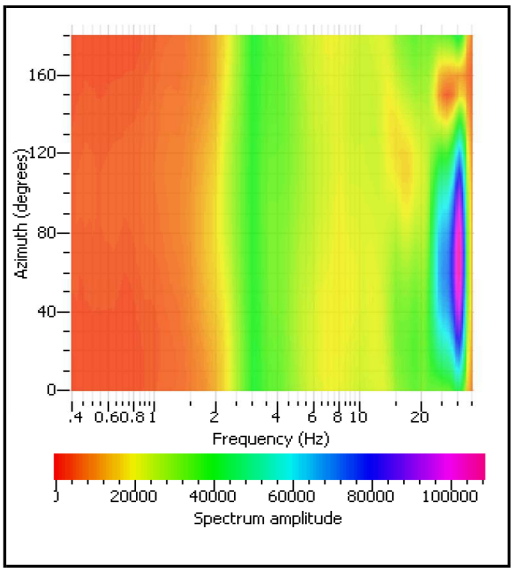
RECORD (Time)



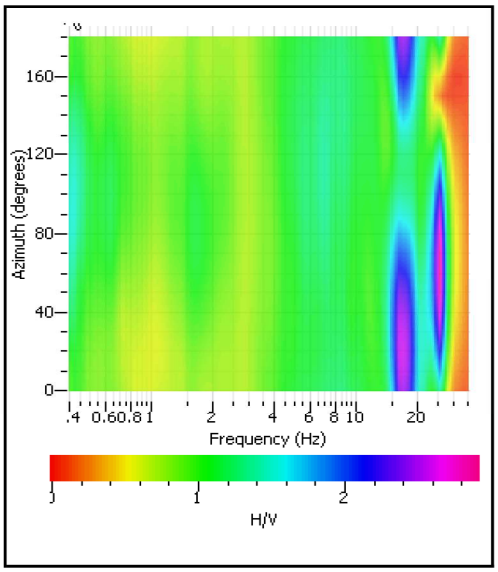
RECORD (Frequenzy)



HORIZONTAL SPECTRUM ROTATE



HV ROTATE RESULTS



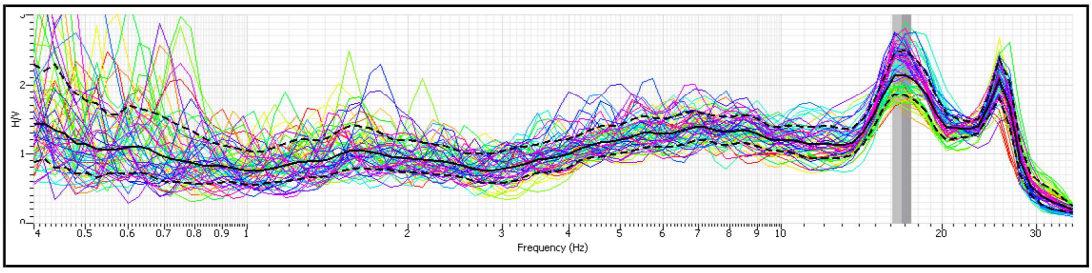
RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE **Belletti-Piraccini-Zanuccoli**

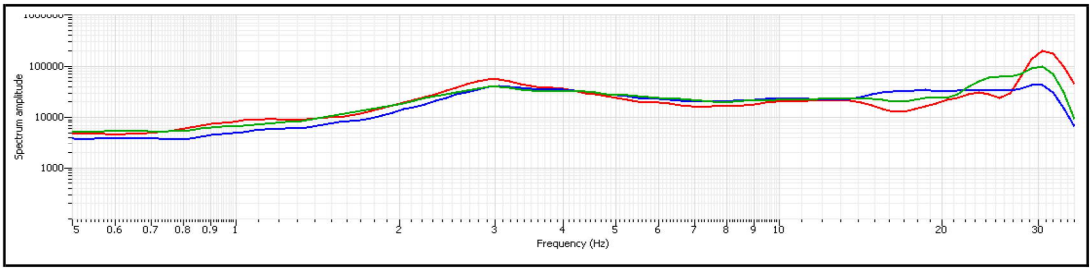
CODICE LAVORO 950-192-3
CODICE PROVA 164

RAPPORTO SPETTRALE H/V

Max HVSR 16.81 ± 0.68 Hz.



SPETTRO SINGOLE COMPONENTI



Criteri per una curva H/V affidabile

[tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

f0	**16.81**		
Lw	**20**		
nw	**71**		
f0 > 10 / Lw	**16.81 > 10/20**	☑	
nc (f0) > 200	**23870.2 > 200**	☑	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	**Exceeded 0 out of 100 times**	☑	
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz			

Criteri per un picco H/V chiaro

[almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in [f0/4, f0] | AH/V(f^-) < A0/2	**0 Hz**		☒
Exists f^+ in [4f0, f0] | AH/V(f^+) < A0/2	**0 Hz**		☒
A0 > 2	**2.14 > 2**	☑	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	**-16.81 < 0.05**	☑	
σf < ε(f0)	**0.686500000000002 < 0.**	☑	
σA(f0) < θ(f0)	**0 < 1.58**	☑	

Lw	Window lenght
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition σf < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f -	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f+	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f+) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

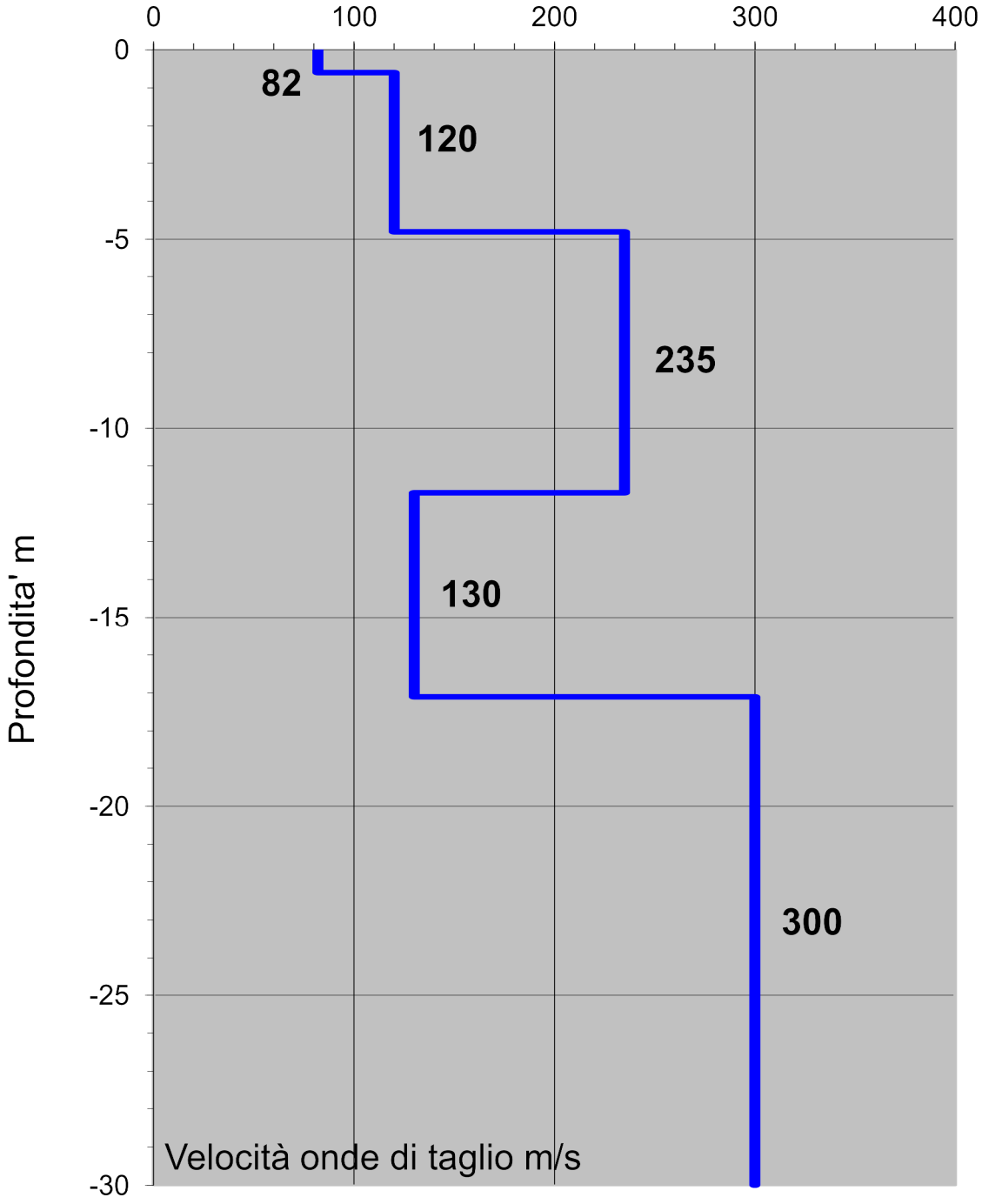
Thresold value for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. Range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ (Hz)	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

In accordo con SESAME Guidelines 2005

Belletti-Piraccini-Zanuccoli

CODICE LAVORO - 950-192-3

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 14/01/2008)

Vs_{30} = 192 m/sec

Suolo C

N

AREA DI INTERVENTO

Legenda

BAGNARA PAOLO, BAGNARA ALFREDO, BAGNARA ANNA
ALESSI ANDREA E VINCENZO, CAPONIGRI PAOLO,
TORRICELLI CHIARA, MARCO E STEFANO

PIANO URBANISTICO DI INIZIATIVA PRIVATA RELATICO ALLA SCHEDA AREA E5 PRG Comune di Cervia

OGGETTO:

CARTA GEOLOGICA

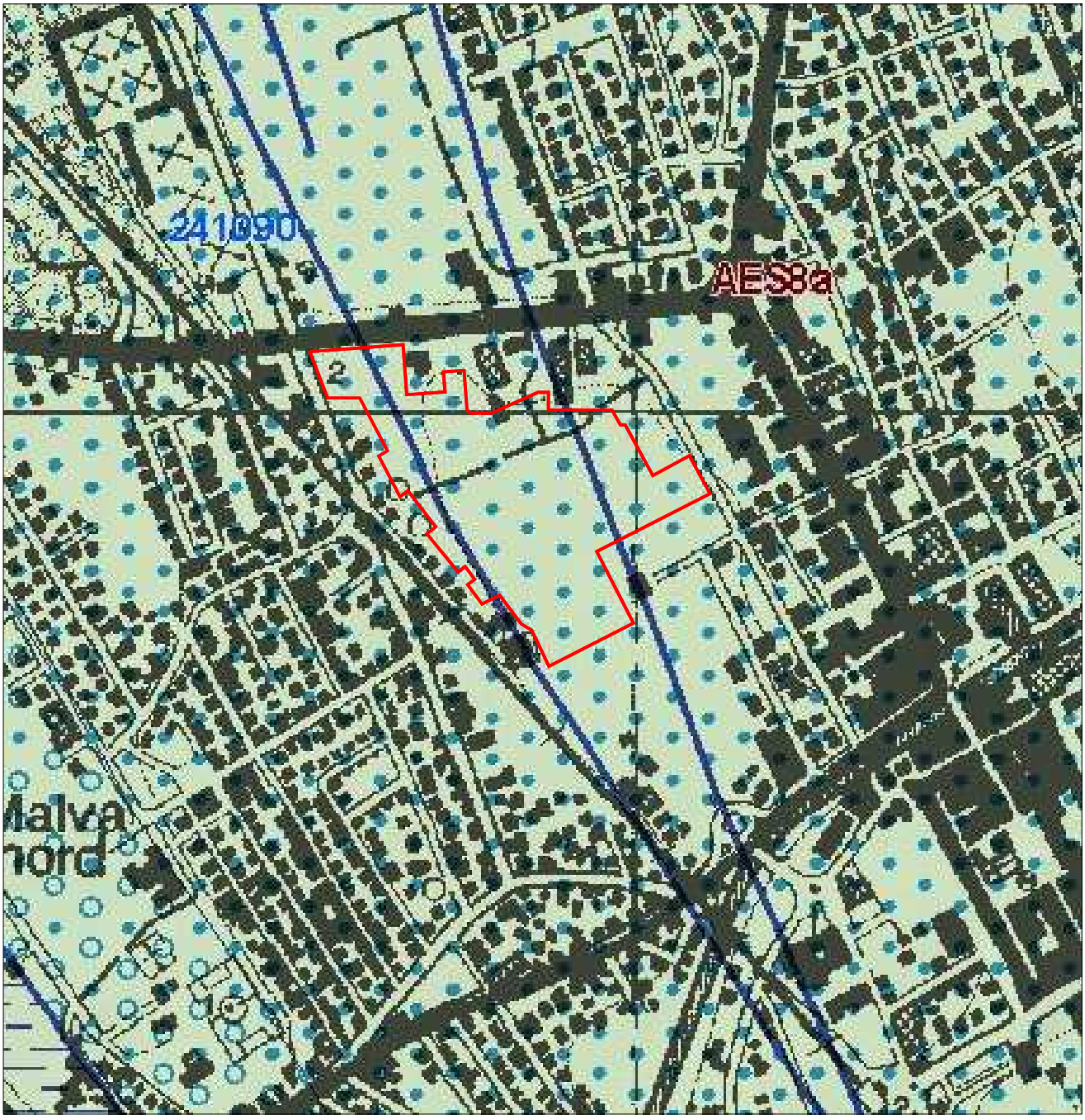
STUDIO GEO
Via F.lli Bandiera n°5 - 47023 CESENA (FC)
Tel/Fax 0547-61.02.06

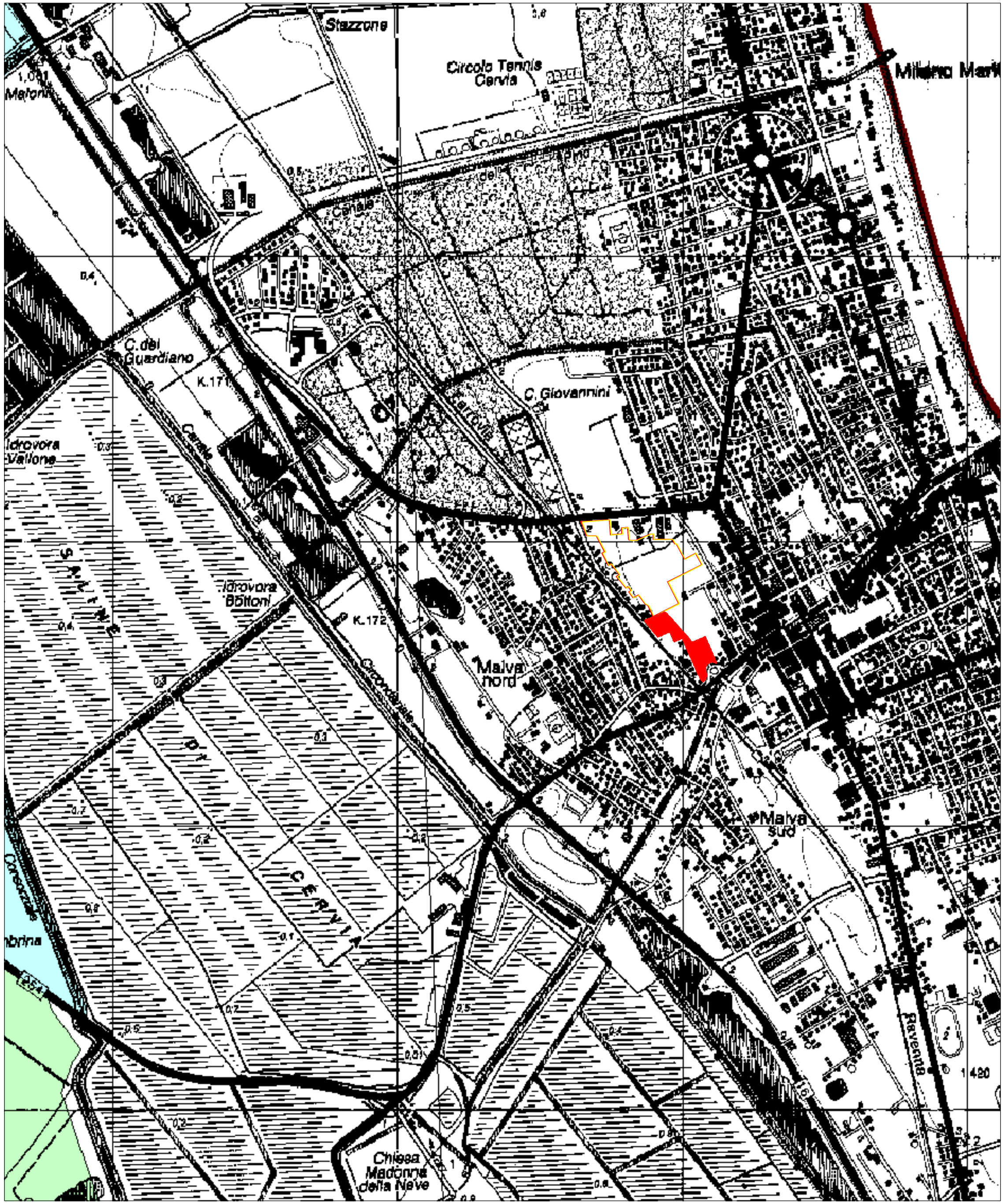
Geotecnica delle Fondazioni
Geologia Applicata all'Ingegneria Civile
Progettazione Opere di Consolidamento e Presidio
Progettazione Esecutiva Geotecnica e Geomeccanica

DISEGNATO DA:	DATA	SCALA	Fig. n°
Dott. Geol. Alberto Bolognesi	*Settembre 2011*	*1:5000*	*1*
RICAVATO DA: *CTR Regione Emilia-Romagna*			

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

AES8a - Unità di Modena





DIANA MARIA - BELLETTI GIANLUCA - BELLETTI GIAMPIERO PIRACCINI LIDIA ZANUCCOLI LORETTA **PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA**			STUDIO GEO Via F.lli Bandiera n°5 - 47023 CESENA (FC) Tel/Fax 0547-61.02.06
OGGETTO: *PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO*			Geotecnica delle Fondazioni Geologia Applicata all'Ingegneria Civile Progettazione Opere di Consolidamento e Presidio Progettazione Esecutiva Geotecnica e Geomeccanica
DISEGNATO DA: *Dott. Geol. Alberto Bolognesi* RICAVATO DA: *Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico Regione Emilia–Romagna*	DATA *Maggio 2015*	SCALA *1:25.000*	Fig. n° *2*

AREA PIANO URBANISTICO DI INIZIATIVA PRIVATA AREA E5 PRG - INVESTIGATA NEL 2011

AREA PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA INDAGATA NEL 2015 E OGGETTO DELLA PRESENTE RICHIESTA

N

Art. 3 - comma 1 lettera b - fascia a maggiore per

Art. 3 - comma 1 lettera b

Art. 3 - comma 1 lettera a

Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione

Art. 4 - comma 3

Art. 4 - comma 2

Art. 6 - aree di potenziale allagamento

Art. 5 - aree a bassa probabilità di esondazione

Limite Unità Idromorfologiche Elementari

Art. 13 - R1 (rischio moderato)

Art. 13 - R2 (rischio medio)

Art. 13 - R3 (rischio elevato)

Art. 13 - R4 (rischio molto elevato)

Legenda

- PIANO CAMPAGNA FUTURO
- PIANO CAMPAGNA ATTUALE
- LIMITE LITOLOGICO
- SUPERFICIE PIEZOMETRICA

- SABBIA DA MEDIO–FINE A MEDIO–GROSSOLANA TALVOLTA DEBOLMENTE LIMOSA
- LIMO ARGILLOSO PREVALENTE TALVOLTA INTERCALATO DA LIMO SABBIOSO
- ALTERNANZA DI SABBIA MEDIA E E LIMI ARGILLOSI

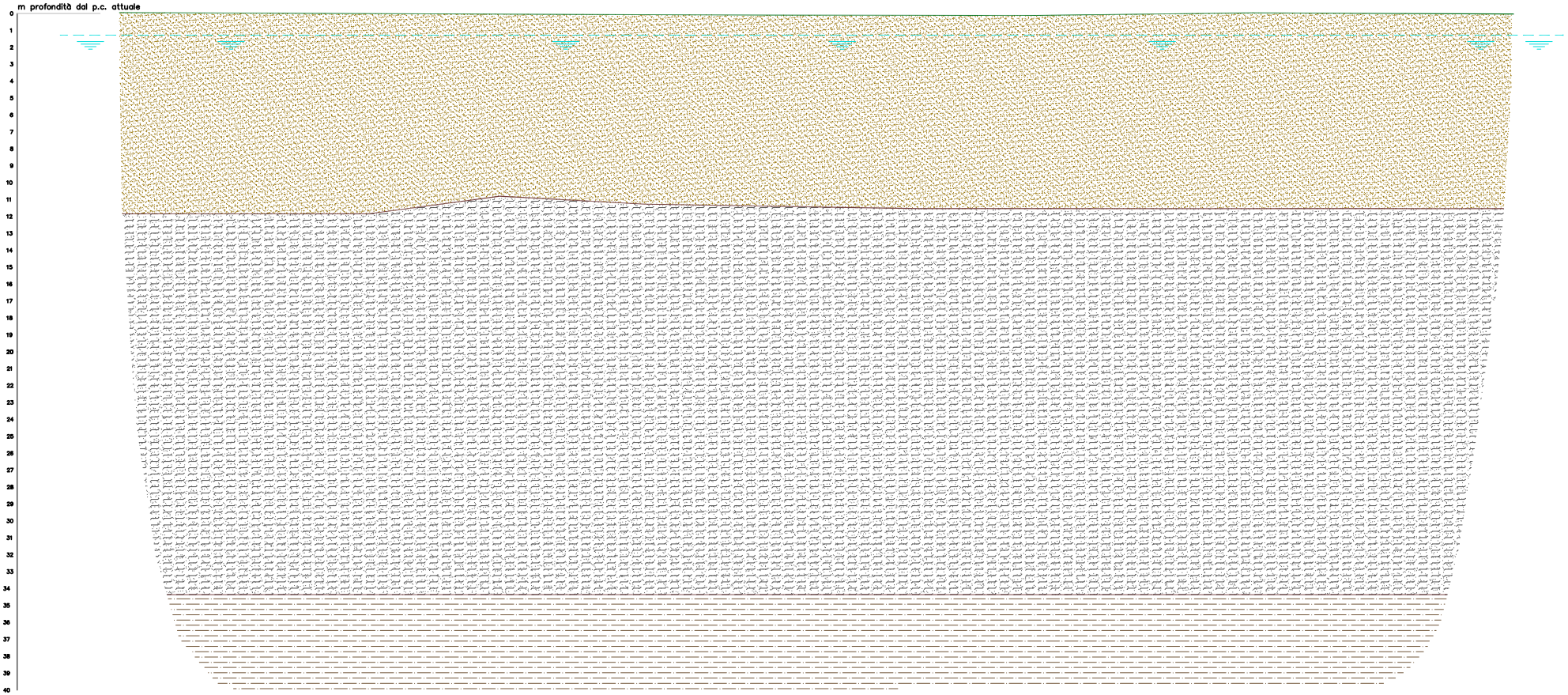
DIANA MARIA - BELLETTI GIANLUCA - BELLETTI GIAMPIERO
PIRACCINI LIDIA
ZANUCCOLI LORETTA

PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA

STUDIO GEO
Via F.lli Bandiera n°5 - 47023 CESENA (FC)
Tel/Fax 0547-61.02.06
Geotecnica delle Fondazioni
Geologia Applicata all'Ingegneria Civile
Progettazione Opere di Consolidamento e Presidio
Progettazione Esecutiva Geotecnica e Geomeccanica

OGGETTO:
MODELLO - SEZIONE GEOLOGICA

DISEGNATO DA:	DATA	SCALA	Fig. n°
Dott. Geol. Alberto Bolognesi	maggio 2015	Topografia 1:1.000	3
RICAVATO DA: Disegno Progettista		Geologia 1:250	

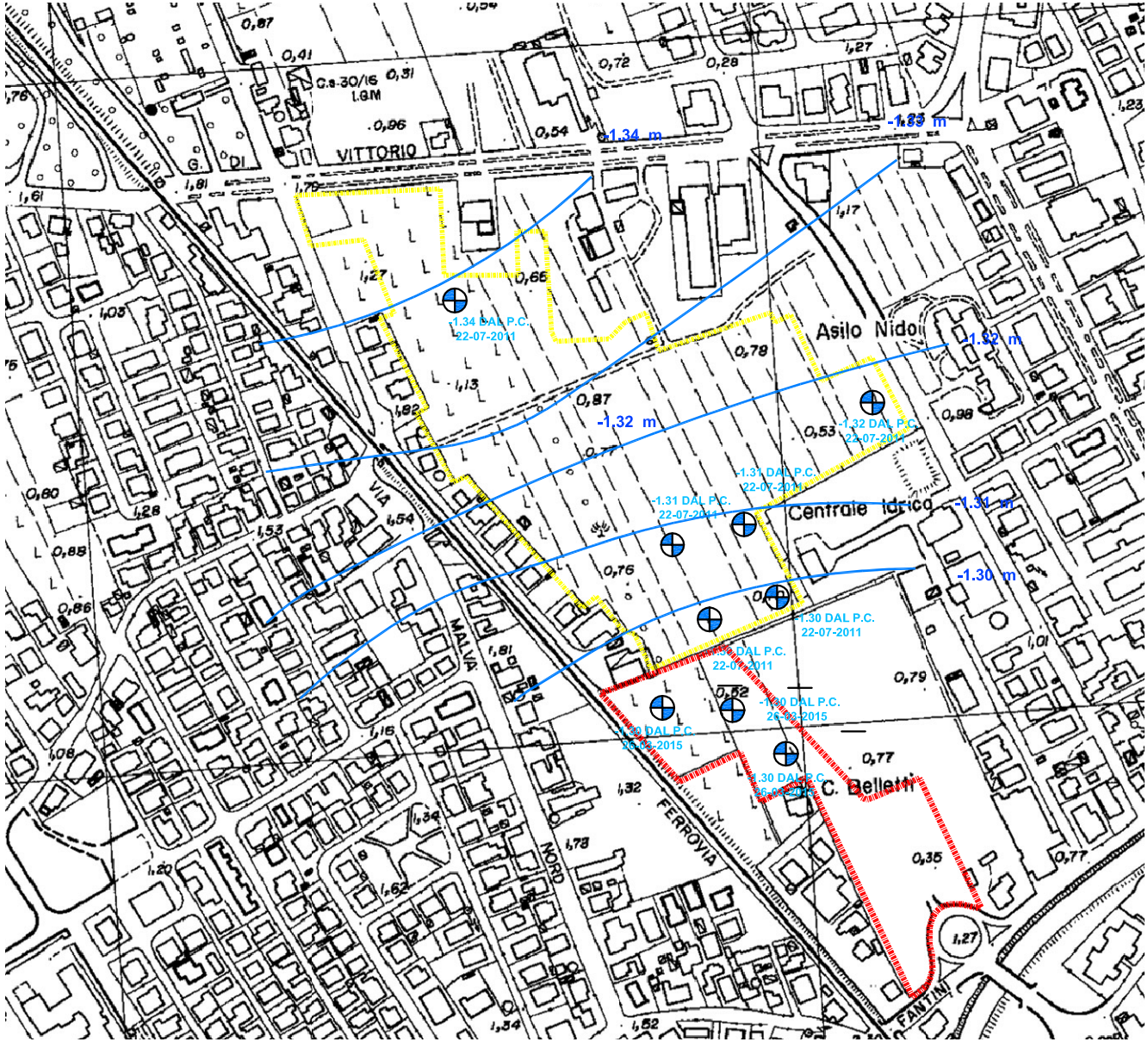


CARTA ISOFREATICHE - ISOBATE

DIANA MARIA - BELLETTI GIANLUCA - BELLETTI GIAMPIERO
PIRACCINI LIDIA
ZANUCCOLI LORETTA

PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA

DISEGNATO DA:	*Dott. Geol. Alberto Bolognesi*
RICAVATO DA:	*CTR Regione Emilia–Romagna*
DATA	SCALA
MAGGIO 2015	*1:1.000*
Fig. n°	*4*



-1.30 DAL P.C. 22-07-2011

-1.30 DAL P.C. 26-03-2015

PIEZOMETRO A CIELO APERTO
PROFONDITA' DELL'ACQUA
DATA MISURAZIONE

-1.32 m

ISOFREATICA

AREA PIANO URBANISTICO DI INIZIATIVA PRIVATA AREA E5 PRG - INVESTIGATA NEL 2011

AREA PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA INVESTIGATA NEL 2015 E OGGETTO DELLA PRESENTE RICHIESTA

DIANA MARIA - BELLETTI GIANLUCA - BELLETTI GIAMPIERO
PIRACCINI LIDIA
ZANUCCOLI LORETTA

PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA

DISEGNATO DA: *Dott. Geol. Alberto Bolognesi*
RICAVATO DA: *CTR Regione Emilia--Romagna*
DATA: *MAGGIO 2015* SCALA: *1:2.000*
Fig. n° *5*

CARTA ZONIZZAZIONE GEOTECNICA

AREA PIANO URBANISTICO DI INIZIATIVA PRIVATA AREA E5 PRG - INVESTIGATA NEL 2011

AREA PROPOSTA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATA "ARTUSI" PIAZZALE ARTUSI - CERVIA RA INVESTIGATA NEL 2015 E OGGETTO DELLA PRESENTE RICHIESTA

LE AREE INVESTIGATE NEL 2011 ENEL 2013 POSSONO CONSIDERARSI ENTRAMBE COME: ZONA GEOTECNICA OMOGENEA 1

Vs30 = 165 m/s
suolo di categoria "D" come definita dalla tabella 3.2. III NTC 2008

Accelerazione Massima attesa = 0.233g

Profondita' d'imposta e tipo di fondazione

- **Lotti ad uso residenziale: sistema fondale diretto completamente impermeabilizzato posato alla quota di almeno 1.20 m dal p.c.**

Cedimenti verticali permanenti post-sismici cumulativi massimi = 2.43 cm

Classificazione delle terre CNR-UNI 10006
Sottogruppo A2-4
Indice di Gruppo Ig=0
qualità portanti in assenza di gelo: buona
azione del gelo sulle qualità portanti: lieve
capacità di ritiro o rigonfiamento: nulla
permeabilità: da media a elevata

La caratterizzazione geofisica è stata desunta dalle prove geofisiche eseguite e sintetizzata nella tabella di seguito:

Unità geologiche - Parametri geofisici (media down hole e media cono sismico)

Successione stratigrafica				caratteristiche geofisiche		
UNITA'	prof.	Tipo di terreno	Vp m/s	Vs m/s	Poisson v	G_{din} kg/cm²
A	0,0 - 4,0	sabbie cordone litorale AES8	413 / 422	129 / 150	0,39 / 0,42	265 / 382
B	4,0 - 11,0	sabbie cordone litorale AES8	1276 / 1338	160 / 166	0,49 / 0,49	524 / 581
C	11,0 - 14,0	argille e limi con sostanza organica di palude-laguna AES7	1487 / 1388	140 / 124	0,49 / 0,49	413 / 324
D	14,0 - 34,0	limi e argille alternati a livelli con sostanza organica AES8 / AES7	1523 / 1729	207 / 225	0,49 / 0,49	923 / 1115
E	34,0 - 40,0	sabbia alternata a livelli limoso argillosi AES7	1608	271	0,49	1569

Unità geologiche - Parametri geotecnici rilevati dalle prove laboratorio (media)

Successione stratigrafica			caratteristiche fisico meccaniche				Triassiale	Edometria	
UNITA'	prof. Camp.	Tipo di terreno	γ_{sat} kg/cm³	γ_d kg/cm³	W %	Ip	granulometria	U.U.	Ewd Modulo Edometrico Kwd Coeff. Permeabilità
A	A 2,0-2,2	sabbie cordone litorale AES8	-	-	-	-	sabbia 81,7% limo 18,3% argilla10,6%	-	-
B	S1 6,0 - 6,7	sabbie cordone litorale AES8	1,68	1,28	31,4	18,5	sabbia 43,4% limo 46,0% argilla10,6%	ϕ_{UU} = 0 c = 0,503	81,4 6,97 E-7
	B - C 4,0 - 4,2 8,0 - 8,2		-	-	-	-	ghiaia 0,0 / 2,2 sabbia 81,8 / 87,2% limo 18,2 / 10,6% argilla 0,0 / 0,0%		-
C	-	argille e limi con sostanza organica di palude-laguna AES8	-	-	-	-	-	-	-
D	S2 - S3 15,0 - 15,6 25,5 - 26,1	limi e argille alternati a livelli con sostanza organica AES7	1,94	1,44	34,5	38,6	sabbia 1,3-1,5% limo 49,1-42,8% argilla49,6-55,8%	ϕ_{UU} = 0 c = 0,585-0,807	60,4 6,22 E-9
E	F - G 35,0 - 35,2 38,5 - 38,8	sabbia alternata a livelli limoso argillosi AES7	-	-	-	-	sabbia 67,4-57,4% limo 32,6-31,3% argilla 0,0-11,3%	-	-

Unità geologiche - Parametri geotecnici rilevati dalle prove in sito (min - max)

Successione stratigrafica			CPT				Sondaggio	
UNITA'	prof.	Tipo di terreno	Rp kg/cm²	Cu kg/cm²	φ°	Dr %	Pocket penetrometer kg/cm²	Vane Test kPa	consistenza
A	0,0 - 4,0	sabbie cordone litorale AES8	20 - 40	-	28° - 30	35 - 40	-	-	molle
B	4,0 - 11,0	sabbie cordone litorale AES8	30 - 60	-	30° - 35°	35 - 45	-	-	compatte
C	11,0 - 14,0	argille e limi con sostanza organica di palude-laguna AES8	8 - 10	0,2 - 0,3	-	-	0,3 - 0,5	0,15 - 0,2	molto molle
D	14,0 - 34,0	limi e argille alternati a livelli con sostanza organica AES8 / AES7	10 - 20	0,5 - 0,6	-	-	0,7 - 1,5	0,3 - 0,5	molle
E	34,0 - 40,0	sabbia alternata a livelli limoso argillosi AES7	-	-	-	-	1,0 - 1,5	0,2 - 0,5	-