

OGGETTO PIANO DI RECUPERO AI SENSI DEL PIANO CASA

Via del Golfo – Ancona

Elab. 04 – Relazione geologica



GRUPPO DI Ing. Andrea LOMBARDI (incaricato)

LAVORO Ing. Michele MARTINELLI

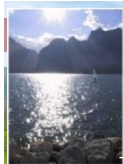
Ing. Leonardo AUSILI

Consulente parte geologica geomorfologica

Dott. Geol. Massimo GUBINELLI

COMMITTENTE Sig. Marco VOLPE

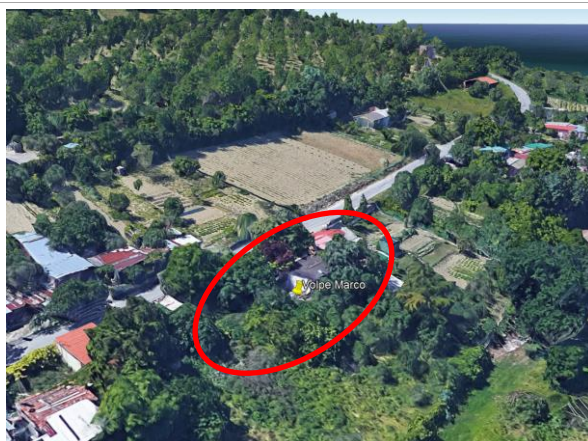
DATA GIUGNO 2022

**STUDIO DI GEOLOGIA****GEOAMBIENTE****Dr. Geol. Massimo Gubinelli****COMUNE DI
ANCONA****PROVINCIA DI ANCONA****REGIONE MARCHE****RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA CON INDICAZIONI
GEOTECNICHE***Conforme NTC 2018***TITOLO:****"REALIZZAZIONE EDIFICIO ABITATIVO"****COMMITTENTE:**

	Volpe Marco
C.F.	—
P.I.	—
Via	-
Città/Prov.	Ancona Ancona

PROGETTO:

Via	Via del Golfo
Città/Prov.	Ancona Ancona
Foglio	
Particella	

**IL GEOLOGO:****Dr. Massimo Gubinelli****ELABORATO 1/1
CONTENUTO**Relazione ⊗
Tavole ⊗PRAT. 0.38/16
COPIE n.4
REV. 0**Castelraimondo 27 /06/ 2018**



Sommario

1. PREMESSA	2
2. LOCALIZZAZIONE E TIPOLOGIA DEL PROGETTO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.1 Elementi strutturali	4
3.2 Sismicità	5
3.3 Stratigrafia	10
4. GEOMORFOLOGIA	11
5. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA	13
5.1 Idrografia superficiale	13
5.2 Acque sotterranee	13
6. INDAGINI	15
6.1 Prova penetrometrica statica CPT	15
6.2 Prova sismica	18
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	24
8. DEFINIZIONE AZIONE SISMICA	24
8.1 Vita nominale classe d'uso e periodo di riferimento	24
8.2 Probabilità di eccedenza e periodo di ritorno	25
8.3 Pericolosità sismica	26
8.3.1 Aspetti geodinamici e sismici	26
8.3.2 Pericolosità sismica di base	26
8.3.3 Amplificazione stratigrafica	28
8.3.4 Amplificazione topografica	30
8.4 Sintesi dei parametri e coefficienti sismici	30
8.5 Verifica liquefazione	31
9. CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI	33
9.1 Coefficiente di sottofondo	33
9.2 Coefficiente di reazione laterale	34
10. TERRE E ROCCE DI SCAVO	34
11. CONSIDERAZIONI FINALI	37
12. RISPOSTA SISMICA LOCALE	38



1. PREMESSA

La presente indagine, commissionata dal Sig. Volpe Marco fa parte del novero degli elaborati tecnici necessari per la realizzazione del progetto di:

"Realizzazione edificio abitativo"

prevista nel Comune di Ancona, in Via del Golfo provincia di Ancona

Con questo studio si vogliono pertanto individuare le principali caratteristiche: geologiche; geomorfologiche; idrogeologiche; sismiche; geotecniche, dei terreni in un intorno dell'area in oggetto, spingendo l'osservazione ad una zona sufficientemente ampia e profondità da interessare un volume significativo di terreno, in ottemperanza alle norme tecniche contenute nel:

- Aggiornamento alle NTC D.M. 17 Gennaio 2018
- D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" redatte in modo da essere coerenti con gli Eurocodici
- EC7 – Geotecnica e Fondazioni; EC8 – Strutture in zona sismica
- -Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

In tal modo si potranno fornire al progettista tutti i parametri necessari per permettergli di verificare l'interazione tra terreno e struttura in progetto, sia in condizione statica che in situazione di accelerazione sismica, al fine di favorire una scelta progettuale idonea, che garantisca sicurezza e che sia in accordo con il contesto ambientale locale.

E' stata pertanto studiata la geologia, la litologia e la stratigrafia dei terreni presenti, si sono rilevati i caratteri morfologici dell'area, si è osservato il regime delle acque superficiali e di falda, sono stati ricavati tutti i parametri fisici e meccanici necessari ad una completa caratterizzazione geotecnica del sito in parola.

Le varie fasi del lavoro possono essere così riassunte:

- reperimento delle basi topografiche esistenti nonché di studi o relazioni fatte in aree limitrofe;
- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area mediante un dettagliato rilevamento di campagna;
- ricostruzione della successione stratigrafica locale grazie:
 - rilevamento di campagna;
 - reperimento di sondaggi fatti nelle aree limitrofi;
- caratterizzazione geotecnica del terreno grazie:
 - reperimento di dati ricavati da prove eseguite dallo scrivente nelle vicinanze, su terreni comparabili a quelli in sito;
 - confronto con la corposa bibliografia esistente
 - esecuzione di due prove penetrometriche statiche CPT.
- Caratterizzazione sismica dei terreni mediante la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche (V_s, eq), in ottemperanza alle NTC'18, grazie:
 - Esecuzione di una prova sismica passiva HVSR combinata con SASW, fatta dallo scrivente all'interno della proprietà del committente, tramite tromografo digitale a stazione singola Tromino .



2. LOCALIZZAZIONE E TIPOLOGIA DEL PROGETTO

L'area in studio nella cartografia nazionale è individuabile con i seguenti riferimenti:

REGIONE		PROVINCIA		COMUNE		LOCALITA'	
MARCHE		Ancona		Ancona		Via del Golfo	
COORDINATE GEOGRAFICHE							
longitudine	WGS 84	13.480112°	ED 50 utm				
latitudine		43.594178°					
quota		192 m.s.l.m.					
CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA							
foglio scala 1:100.000		Quadrante scala 1:50.000		tavoletta scala 1:25.000		Sezione Scala 1:10.000	
118 "IV"		118 "IV" Ancona		118 "IV" Ancona NO		293020 Ancona	
RIFERIMENTI CATASTALI							
Foglio							
Particella							

La presente relazione ha lo scopo di analizzare le caratteristiche geologiche, sismiche e geotecniche di un'area situata lungo un versante collinare che borda il capoluogo di Ancona, l'area in questione è situata a circa 1.5 km a Sud del porto di Ancona. In tale luogo sarà realizzato un edificio abitativo.



Figura 1 zona in cui sarà realizzato il manufatto



-MODELLO GEOLOGICO-

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La fascia di territorio ove ricade l'area costituisce parte più a nord del bacino periadriatico. Esso è caratterizzato dalla presenza di depositi arenacei ed argillosi appartenenti alla successione plio-pleistocenica di avanfossa.

Tale successione si deposita, dall'Oligocene fino al Neogene, in un ampio bacino sedimentario, situato di fronte alla catena Appenninica in sollevamento, durante la subduzione verso ovest della placca Adria. Per tale motivo il bacino registra una generale transizione da marino a terrigeno. Il materiale che costituisce i sedimenti è originato dal disfacimento, e conseguente trasporto, delle rocce che compongono la catena Appenninica. Costituito principalmente da sedimenti silicoclastici, poggia in leggera discordanza angolare su di un substrato piegato e rappresentato dalla serie carbonatica umbro-marchigiana di età giurassico-paleogenica.

In gran parte del territorio analizzato, le litologie presenti mostrano strati prevalentemente sub-orizzontali o debolmente immergenti verso Sud-Ovest (5°), conseguenza di sollevamenti (uplift) sinsedimentari.

Il substrato locale in questo caso è rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre:

Argille Azzurre Pliocene-Pleistocene p.p.

Argille, argille marnose e marne argillose di colore grigio-azzurro molto bioturbate e siltose con stratificazione generalmente indistinta.

Durante il Quaternario, il completo sollevamento del territorio anconetano ha favorito, nell'area in parola, l'instaurarsi di un ambiente spiccatamente continentale attivando i processi erosivi e la messa in posto di sedimenti eluvio-colluviali (di natura prevalentemente limoso-sabbiosa) nelle aree più depresse e lungo i versanti. I sedimenti in parola ricoprono una porzione dell'area indagata con spessori, in alcuni casi, cartografabili.

Generalmente la sequenza litologica descritta si chiude con presenza di terreni di riporto (di origine antropica) o vegetali.

3.1 Elementi strutturali

L'Appennino centrale rappresenta il settore più meridionale dell'Appennino settentrionale che può considerarsi come una catena a thrusts costruita a partire dall'Oligocene superiore a spese del paleomargine africano precedentemente assottigliato da fenomeni distensivi (fig14)(Cello G. & Coppola L., 1986)

La struttura dell'Appennino centrale cioè nel tratto di appennino ove insiste l'area in studio è il risultato di processi di accrezione tettonica dovuta alla migrazione verso Nord-Est di un complesso sistema catena-avanfossa (Boccaletti et alii 1986, Cello G., Deiana G., 1996).

Tipici bacini che rappresentano aree di avanfossa che testimoniano la migrazione del sistema verso l'esterno sono, ad esempio verso sud quello della Laga di età messiniana e quello di Camerino ed altri bacini minori a confine con l'Emilia.

Alla fine del Pliocene inferiore, nell'area umbro-marchigiana si completa la costruzione della catena a pieghe e sovrascorrimenti e si originano strutture plicative che assumono direzioni variabili da NW-SE a NNE-SSW (procedendo da nord a sud) e thrusts, solo in parte paralleli alle strutture plicative stesse.

Fino alla fine del tardo Pleistocene il sito in esame ha subito un progressivo sollevamento e un generale flessione verso est.

Durante il Pliocene medio superiore, una fase distensiva comincia ad interessare il settore più interno dell'Appennino umbro-marchigiano, mentre i principali fronti compressivi risultano ubicati, almeno in parte, nella fascia marchigiana esterna.

Le principali strutture potenzialmente capaci (faglie capaci) presenti nel territorio sono così disposte:



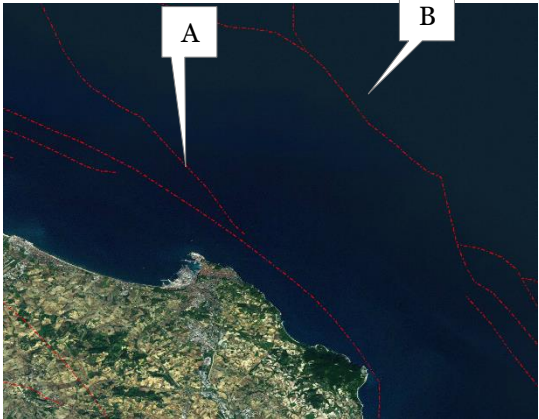
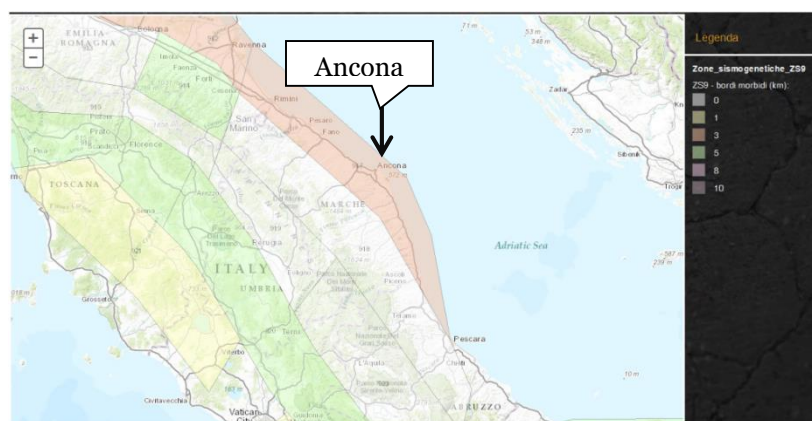
		A inversa (thrust)	B inversa (thrust)
	SETTING		
	SYNOPSIS		
	FAULT NAME	Conero	Conero offshore
	FAULT CODE	43500	43600
	MACROZONE	4	4
	REGION NAME	Marche	Marche
	SYSTEM NAME	Conero	Conero offshore
	RANK		Prymary
	AVERAGE STRIKE	150	150
	DIP		
	LENGTH (Km)	0	0
	GEOMETRY		
	SEGMENTATION		
	DEPTH (Km)	0	0
	LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:500000	1:500000
	LAST ACTIVITY		
	ACTIVITY RELIABILITY		
	RECURRENCE INTERVAL (yr)	0	0
	SLIP-RATE (mm/yr)	0	0
	MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0	0
	MAX CREDIBLE SLIP (m)	0	0
	KNOWN SEISMIC EVENTS		
	MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	0	0
	MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)		
	STUDY QUALITY	LOW	LOW
	NOTES		

Figura 2 posizione faglie potenzialmente capaci dal sito "<http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>"

L'area in esame ricade tra due anticlinali, entrambe con asse NO-SE, posizionate lungo costa (quella più interna) e più a largo (quella esterna). Ancona si trova altresì a ridosso della faglia di tipo thrust, ubicata subito a largo della costa, la quale corrisponde alla parte più esterna del margine compressivo e attivo della catena Appenninica.

3.2 Sismicità

L'Appennino umbro-marchigiano è inglobata in un complesso sistema di strutture sismogenetiche, gran parte dell'area marchigiana, caratterizzata da discreta sismicità, è interposta fra due fasce sismiche. La fascia sismica occidentale (918), corrispondente alla più esterna tra le zone sismogenetiche dell'Appennino umbro-marchigiano e la fascia sismica orientale ove insiste il comune di Ancona (sviluppata soprattutto in offshore 917). La parte più occidentale della regione Marche invece è interessata dalla fascia sismogenetica 918, dove lo studio dell'assetto geometrico delle strutture sismiche e degli eventi da esse generati ha portato alla compartimentazione di strutture sismogenetiche volumetricamente modeste. La zona sismogenetica in cui ricade l'area oggetto di studio non risulta in grado di generare, terremoti di magnitudo maggiore di:



Z59 - bordi morbidi (km): Rimini - Ancona	
id	0
zs9	20,00
zs9 (identificativo)	917,00
zs_name	Rimini - Ancona
Mw_max_ar	6,14
tassi_Mw_ma	0,12
tassi_Mw_1	0,12
b_co_04_2	-1,04
b_co_04_4	-1,01
Mw_max_gr	6,14
tassi_Mw_2	0,12
tassi_Mw_3	0,12
classificazione geografica	Appennino Settentrionale e Centrale
Md_2_0	103
e Md_2_5	71
e Md_3_0	22
p_efficace	7
Md_max	4,90
meccanismo di faglia	inversa
bordi_morb	3

Zona 917 Mw 6.14

Figura 3 fasce sismogenetiche da
<http://www.arcgis.com/apps/TwoPane/main/index.html?appid=6572399dcdbb4621b43c1eec5f6774e1>

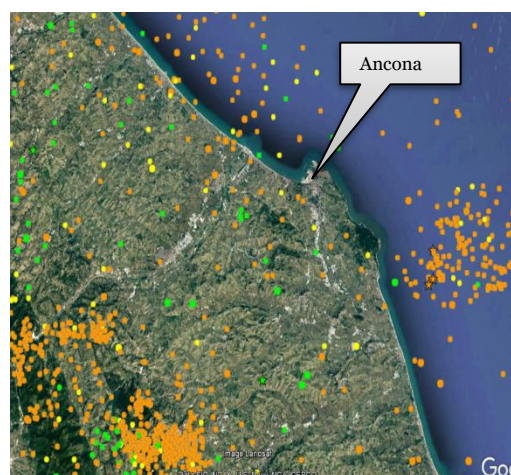
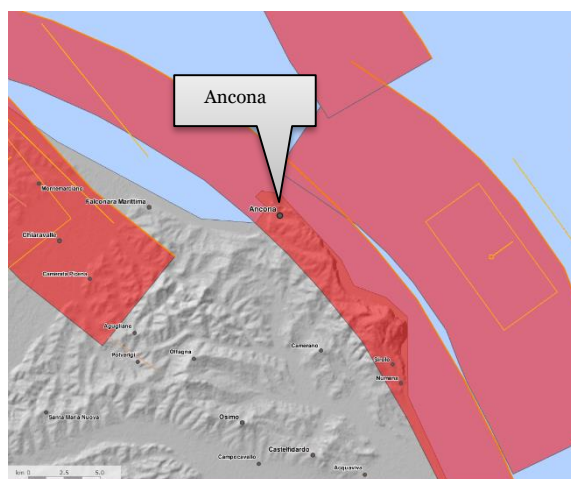


Figura 4 fasce sismogenetiche
<http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3> INGV/GFMaplet/Default

Figura 5 eventi sismici in prossimità dell'are in studio dal 1900
<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/result.jsp?rst=1&page=EVENTS>

Di seguito le principali strutture che raggruppate per caratteristiche simili caratterizzano la Zona 917.

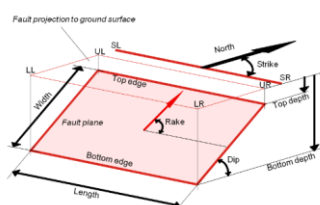


Figura 6 geometrie catalogate in una struttura sismogenetica



GENERAL INFORMATION

DISS-ID

ITCS008

Name

Conero onshore

Compiler(s)

Burrato P.(1), Mirabella F.(2), Basili R.(1), Maesano F.E.(3)

Contributor(s)

Burrato P.(1), Mariano S.(1), Basili R.(1), Mirabella F.(2), D'Ambrogi C.(3), Maesano F.E.(3), Toscani G.(4)

Affiliation(s)

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
2) Università di Perugia; Dipartimento di Scienze della Terra; 06123 Perugia, Italy
3) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy
4) Università di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy



Created

08-Jan-2005

Updated

14-Oct-2013

Display map ...



Related sources

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	3.0	LD Based on geological data from various Authors.
Max depth [km]	6.5	LD Based on geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	110...160	LD Based on geological data from various Authors.
Dip [deg] min... max	30...45	LD Based on geological data from Maesano et al. (2013).
Rake [deg] min... max	80...100	EJ Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	1.01...1.35	LD Based on geological data from Maesano et al. (2013).
Max Magnitude [Mw]	5.8	OD Based on the strongest earthquake occurred in the region.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

GENERAL INFORMATION

DISS-ID

ITCS031

Name

Conero offshore

Compiler(s)

Burrato P.(1), Basili R.(1), Mirabella F.(2), Maesano F.E.(3)

Contributor(s)

Burrato P.(1), Mariano S.(1), Basili R.(1), Mirabella F.(2), D'Ambrogi C.(3), Maesano F.E.(3), Toscani G.(4)

Affiliation(s)

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
2) Università di Perugia; Dipartimento di Scienze della Terra; 06123 Perugia, Italy
3) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy
4) Università di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy



Created

08-Jan-2005

Updated

17-May-2012

Display map ...



Related sources

ITIS029

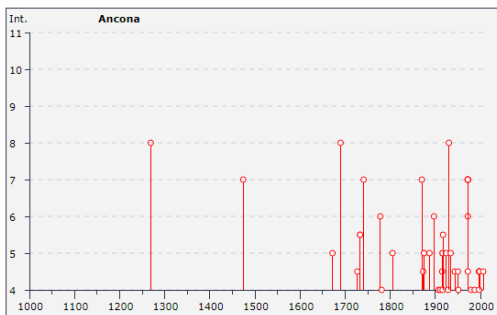
PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	1.5	LD Based on seismic reflection profiles and geological data from various Authors.
Max depth [km]	7.0	LD Based on seismic reflection profiles and geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	125...155	OD Based on geological data from various Authors.
Dip [deg] min... max	25...40	LD Based on geological data from Maesano et al. (2013).
Rake [deg] min... max	80...100	EJ Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.49...0.91	LD Based on geological data from Maesano et al. (2013).
Max Magnitude [Mw]	5.9	OD Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 7 caratteristiche delle strutture sismogenetiche presenti nella fascia di territorio studiata, da catalogo DISS v.3.2 <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>

Storia sismica di Ancona



Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMO	Distanza
Camerano	IT	24	9km
Collemarino	IT	3	5km
Falconara Marittima	IT	24	9km
Montegallo	IT	4	9km
Montesicuro	IT	5	7km
Offagna	IT	14	10km

Effect s	Earthquake occurred:				
Is	data	Ax Area epicentrale	Np Numero di punti, numero di osservazioni macroscismiche disponibili per il terremoto	Io Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg	Mw Magnitudo momento
8	1269 09	Ancona	4	8	5.57 ±0.34
7	1474 08 18	ANCONA	1	7	5.14 ±0.34
3-4	1483 08 11 19:40	Romagna meridionale	14	8	5.68 ±0.40
F	1599 11 06 01:25	Valnerina	20	9	5.99 ±0.32
5	1672 04 14 15:45	Riminese	92	8	5.61 ±0.21
8	1690 12 23 00:20	Anconetano	17		5.56 ±0.19
4-5	1727 12 14 19:45	S.LORENZO IN CAMPO	32	7	5.19 ±0.42
5-6	1733 10 19	Ancona	1	5-6	4.51 ±0.34
5-6	1733 10 20	Ancona	1	5-6	4.51 ±0.34
7	1741 04 24 09:00	FABRIANESE	145	9	6.21 ±0.13



3-4	1747 04 17	NOCERA UMBRA	64	9	5.94 ±0.26
F	1751 07 27 01:00	Appennino umbro-marchigiano	68	10	6.25 ±0.22
6	1778 01 04 16:30	Ancona	1	6	4.72 ±0.34
4	1781 06 03	CAGLIESE	157	10	6.42 ±0.13
F	1799 07 28 22:05	Appennino marchigiano	71	9	6.13 ±0.17
5	1805 05 09 01:00	MACERATA	3	5-6	4.51 ±0.34
F	1818 12 09 18:55	Parmense	26	7	5.28 ±0.35
7	1870 02 08	NUMANA	10	7	5.10 ±0.54
4-5	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	196	8	5.95 ±0.10
3	1873 06 29 03:58	Bellunese	199	9-10	6.32 ±0.11
3	1873 09 17	LIGURIA ORIENTALE	67	6-7	5.43 ±0.15
2-3	1874 12 06 15:50	Monti della Meta	43	7-8	5.52 ±0.24
5	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144		5.93 ±0.16
5	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8	5.98 ±0.16
5	1887 05 26	JESI	19	5	4.58 ±0.63
3	1889 12 08	APRICENA	122	7	5.69 ±0.13
6	1897 09 21	ADRIATICO CENT.	44	7	5.46 ±0.27
3	1897 12 18 07:24	Appennino umbro-marchigiano	132	7	5.13 ±0.14
4	1907 01 23 00:20	Adriatico centrale	93		5.06 ±0.15
4	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7	5.28 ±0.11
4-5	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
5	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132		5.95 ±0.14
F	1916 07 04 05:07	MONTI SIBILLINI	23	6-7	5.02 ±0.22
5	1916 08 16 07:06	Alto Adriatico	257		6.14 ±0.14
4	1916 11 16 06:35	REATINO	40	8	5.53 ±0.22
3-4	1917 04 26 09:35	Valtiberina	134	9-10	5.89 ±0.11
5-6	1917 11 05 22:47	NUMANA	26	6	5.07 ±0.25
2	1922 06 08 07:47	CALDAROLA	52	6	4.89 ±0.19
5	1924 01 02 08:55	Medio Adriatico	76	7-8	5.36 ±0.16
4	1928 05 30 20:01	Adriatico centrale	17	5	4.88 ±0.28
2	1929 04 10 05:43	Bolognese	87	7	5.03 ±0.13
2-3	1929 04 19 04:15	Bolognese	82		
2-3	1930 07 23 00:08	Irpina	547	10	6.62 ±0.09
8	1930 10 30 07:13	SENIGALLIA	263	8	5.81 ±0.09
3	1933 09 26 03:33	Maiella	326	9	5.95 ±0.09
5	1934 11 30 02:58	Alto Adriatico	51		5.34 ±0.17
3	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9	6.12 ±0.09
2	1936 12 09 07:34	CALDAROLA	32	6-7	4.79 ±0.22
4-5	1943 07 31 04:37	SENIGALLIA	5	5	4.30 ±0.34
4-5	1950 09 05 04:08	GRAN SASSO	386	8	5.68 ±0.07
4	1951 08 08 19:56	Gran Sasso	94	7	5.30 ±0.14
2	1962 01 23 17:31	Adriatico	49	5	4.52 ±0.25
6	1972 01 25 20:24	Medio Adriatico	24		4.58 ±0.18
7	1972 02 04 02:42	Medio Adriatico	75		4.86 ±0.29
7	1972 02 04 09:18	Medio Adriatico	56		4.58 ±0.29
7	1972 02 05 01:27	Medio Adriatico	2		
7	1972 02 05 07:08	Medio Adriatico	6		4.47 ±0.29
7	1972 02 05 15:14	Medio Adriatico	3		4.54 ±0.29
7	1972 02 06 01:34	Medio Adriatico	1		4.50 ±0.29
7	1972 06 14 18:55	Medio Adriatico	17		4.62 ±0.47



4-5	1972 11 26 16:03	MONTEFORTINO	73	8	5.38 ±0.18
F	1974 12 02 01:55	Valnerina	28	7-8	4.76 ±0.17
3-4	1976 05 06 20:00	Friuli	770	9-10	6.46 ±0.09
4	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9	5.86 ±0.09
3	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
3-4	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
3-4	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09
3	1986 10 13 05:10	Appennino umbro-marchigiano	322	5-6	4.65 ±0.09
4	1987 07 03 10:21	PORTO SAN GIORGIO	359		5.09 ±0.09
4-5	1997 09 26 00:33	Appennino umbro-marchigiano	760		5.70 ±0.09
4-5	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	6.01 ±0.09
4-5	1997 10 03 08:55	Appennino umbro-marchigiano	490		5.25 ±0.09
4-5	1997 10 06 23:24	Appennino umbro-marchigiano	437		5.46 ±0.09
4	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8	5.65 ±0.09
4-5	1998 04 05 15:52	Appennino umbro-marchigiano	395	6	4.81 ±0.09
4-5	2006 04 10 19:03	Maceratese	211	5	4.51 ±0.10

This file has been downloaded from INGV - DBMI11

Figura 8 storia sismica del Comune di Ancona. Record del DBMI11 relativo agli eventi sismici che hanno interessato il comune http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/



3.3 Stratigrafia

La litostratigrafia di seguito descritta è stata ricavata grazie alle prove penetrometriche eseguite nell'area.

I terreni in sito possono essere così catalogati.


DESCIZIONE LITOSTRATIGRAFICA			
LITOLOGIA	PROF.T A' m	SPES SOR E m	ETA'
Tipo RI/OH Terreno riporto/vegetale	P.C. 0.8 – 1.0 m	0.8 – 1.0 m	rappresenta la copertura di tutta l'area, è composto da una commistione di materiale naturale e di natura antropica, presenta uno spessore costante, formato da: ARGILLE MARRONE SCURO E SABBIE.
Tipo SM Depositi Eluvio-colluviali	3.2 – 4.0 m	3.0 – 2.4 m	A copertura del substrato locale, caratterizzato da: DAL DISFACIMENTO, TRASPORTO E RISEDIMENTAZIONE IN SITU DEL SUBSTRATO LOCALE. Limi argillosi molto plastici si colore marrone
TIPO SFALS ALS Formazione	>5.0 – 6.4 m	1.8 – 2.4 m	Substrato locale caratterizzato da: ARENARIE BEN STRATIFICATE DI AMBIENTE DI SPIAGGIA, PRESENTA LAMINAZIONE PIANOPARALLELA E INCROCIATA. IN LOCO SI RINVENGONO IN PREVALENZA I LIVELLI ARGILLOSI GRIGI 

Tabella 1 descrizione litologica

Tale situazione litologica, per l'area in studio, è ben rappresentata nella sezione litostratigrafica allegata (all. n° 6).



4. GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto di studio è situata ad una quota di circa 192 m s.l.m., a Nord-Ovest della porzione storica del capoluogo del Comune di Ancona, lungo un versante collinare che declivia a debole pendenza verso Est (inclinazione versante 5-6%). La morfologia del versante in studio risulta quasi completamente obliterata e modificata dall'attività antropica, a seguito dell'agricoltura e la costruzione di edifici e strade, rimangono poche testimonianze dell'originale forma del versante in parola.

Il versante dove verrà costruito l'edificio è ora utilizzato perlopiù in agricoltura, esso digrada da una quota di 150 m s.l.m. dove litologie più competenti (conglomerati), per erosione differenziale, creano una cresta allungata in direzione Nord-Est. Nella zona in esame non si registrano scarpate importanti e la morfologia risulta molto addolcita, in alcune aree però si riesce ad identificare la rottura di pendio dovuta ad alternanza di terreni più e meno competenti.

Nella zona sono riconoscibili segni di movimenti franosi in atto o quiescenti. Tale zona infatti si trova poco più a Sud della cosiddetta "Frana di Ancona" di cui negli anni passati si è molto parlato. L'area è quindi in un contesto geomorfologico delicato e in continua evoluzione.

La cartografia elaborata dai tecnici della Regione Marche, per la stesura del "Piano Assetto Idrogeologico (PAI)" (All. 5), conferma la presenza di estesi dissesti nell'area, precisamente quello a Sud risulta lambire il lotto mentre, per quanto riguarda il fenomeno a Nord, codificato F – 13 – 0153 – P2, l'area di fabbricazione risulta ricadere al suo interno. Entrambi i fenomeni franosi nella cartografia PAI mostrano movimenti di tipo rotazionale o traslativo.

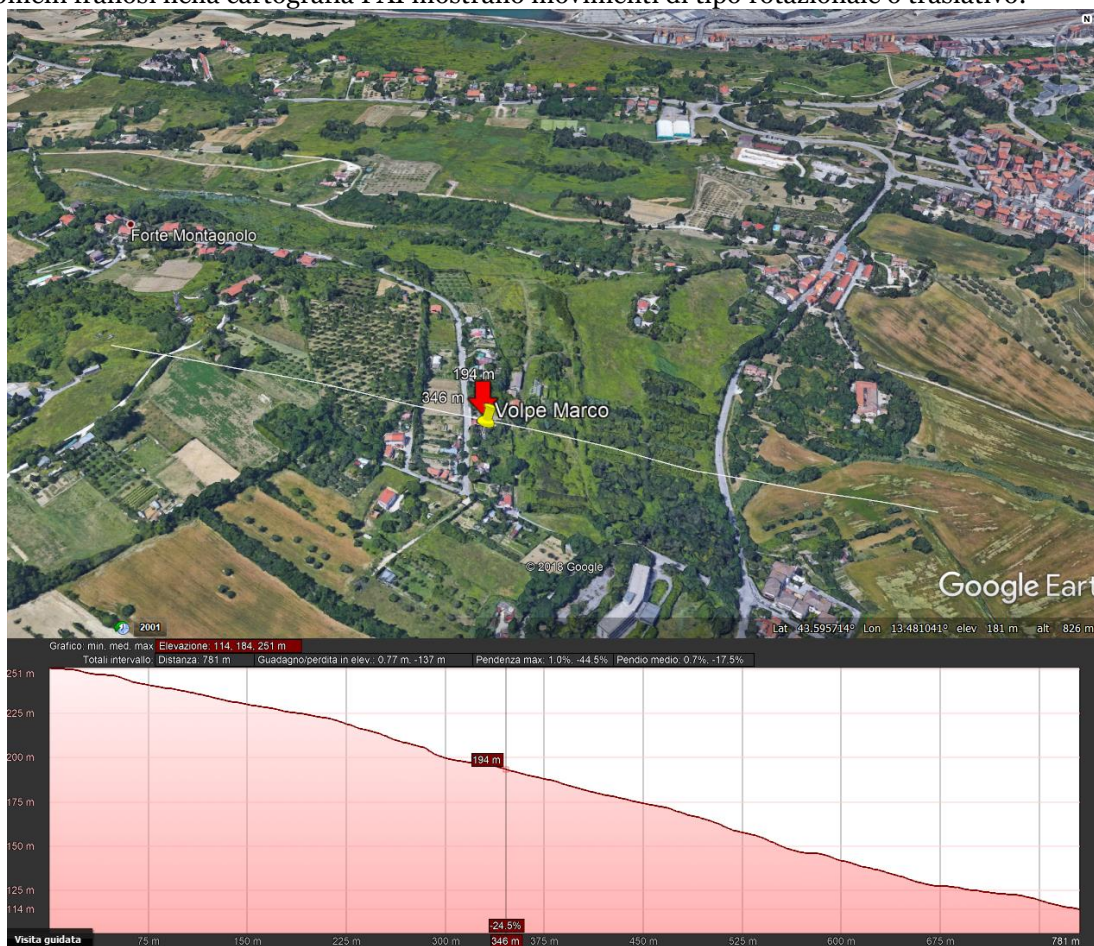
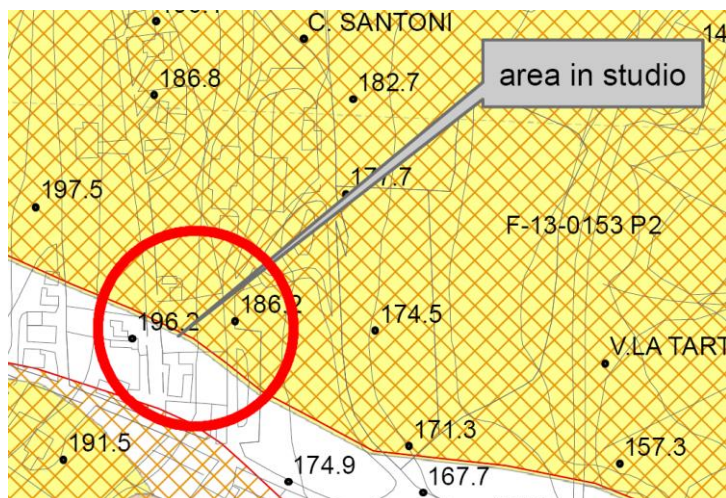


Figura 9 profilo del lotto in studio



Dal punto di vista morfologico l'area si inserisce in un contesto piuttosto problematico, l'area è compresa, come sopra descritto, da un esteso fenomeno franoso che interessa parzialmente il lotto del committente (come si può vedere nella figura 10). Subito a Sud un altro dissesto simile al primo dal punto di vista delle meccaniche del movimento borda il lotto. Nel lotto in questione però, dai dati ricavati dalle prove e dal rilevamento di campagna, non si riscontrano segni recenti di riattivazione dei dissesti.

Figura 10 stralcio della carta dei dissesti PAI

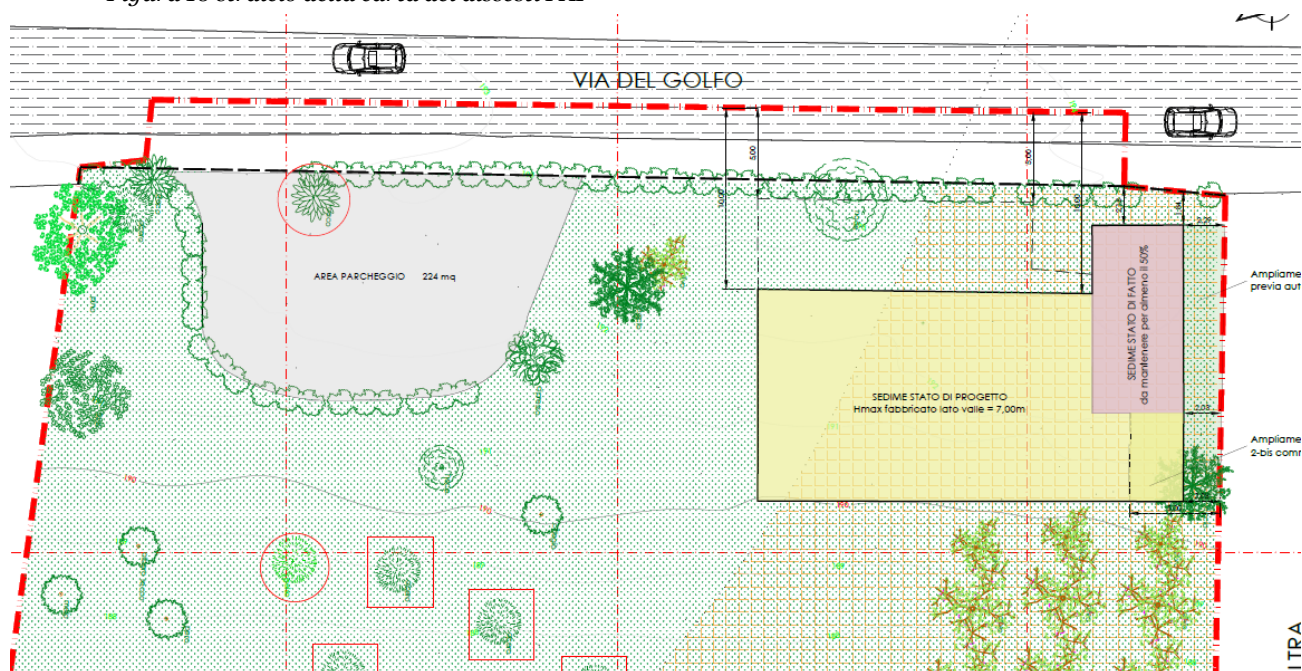


Figura 11 interferenza progetto con area PAI

Il dissesti rilevati attualmente non influenzano la proprietà del committente. Durante le indagini svolte in sito non è stata rilevata la presenza di acqua nel sottosuolo ma si evidenzia che l'eventuale presenza all'interno dei depositi di copertura potrebbe variare le condizioni degli equilibri attuali, potrebbe innescare fenomeni di instabilità nei sedimenti più superficiali i quali attualmente si trovano in equilibrio statico.

Le altre forme osservabili nella zona sono il frutto di modificazioni avvenute nei secoli dall'opera dell'uomo, attraverso l'edificazione e la pratica agricola.



5. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

5.1 Idrografia superficiale

L'area in oggetto è parte integrante della struttura idrologica composta dalla zona litoranea che insiste tra il Fiume Esino e il Fiume Musone. Le acque che precipitano nel lotto del committente defluiscono in superficie in maniera diffusa verso valle, in quanto quest'area è sprovvista di una fognatura pubblica.



Figura 12 ubicazione dell'area dal punto di vista idrografico

5.2 Acque sotterranee

Vista la discreta acclività in occasione di precipitazioni la maggior parte delle acque meteoriche defluisce diffusamente in superficie verso il fondovalle, solo nelle aree minor pendenza queste riescono a stagnare ed infiltrarsi nel sottosuolo.

La natura arenacea e arenaceo-pelitica delle litologie che compongono il substrato fa sì che le acque riescano ad infiltrarsi fino a raggiungere livelli pelitici sottostanti.

Dalle prove effettuate in situ non si è registrata la presenza di nessuna falda idrica, nonostante nei giorni antecedenti tali prove ci siano state precipitazioni, i terreni risultavano asciutti.

Da un punto di vista strettamente idrogeologico i sedimenti presenti nell'intorno del sito in studio possono essere così distinti:



spessore	Grado di permeabilità					litologia	Descrizione
	10 ⁻⁹	10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	10 ⁻³	m/s		
	Imper-meabili	Molto basso	basso	Medio			
0.8 – 1.0 m						10 ⁻⁵ 10 ⁻³	Terr. vegetale tipo RI/OH "terreni drenanti"
3.0 – 2.4 m						10 ⁻⁵ 10 ⁻⁷	Depositi eluvio colluviali tipo SM "terreno poco drenanti"
>1.8 – 2.4 m						10 ⁻⁵ 10 ⁻³	Substrato Tipo ALS "drenaggio medio basso"

Tabella 2 classificazione permeabilità terreni



6. INDAGINI

La caratterizzazione dei terreni in sito, che ha permesso una corretta modellizzazione geologica, geotecnica e sismica, è stata effettuata mediante le seguenti indagini:

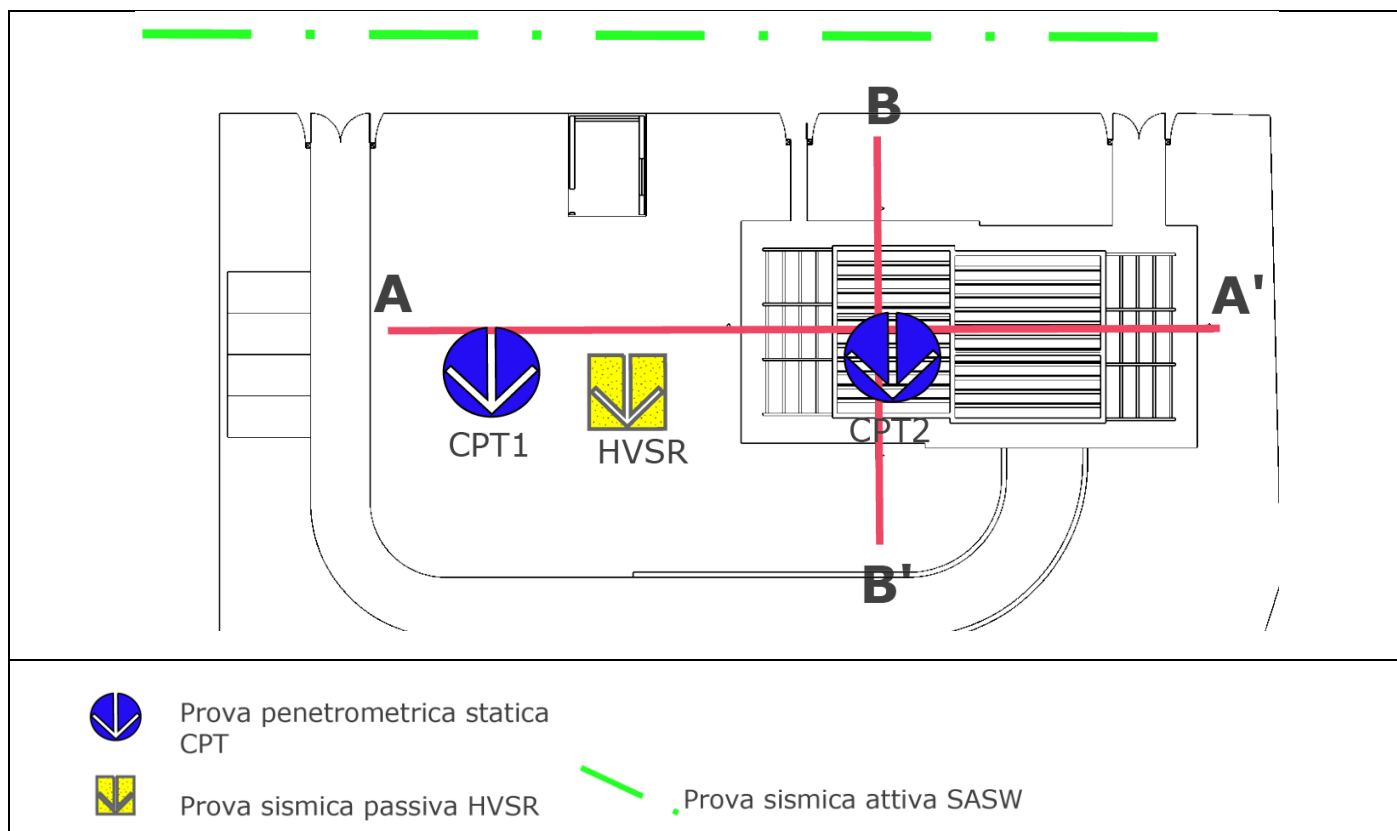


Figura 13 pianta ubicazione indagini fatte e reperite

n.2 prove penetrometriche statiche CPT

n.1 Prova sismica HVSR accoppiata a SASW per la determinazione delle velocità delle onde di taglio

6.1 Prova penetrometrica statica CPT

Al fine di caratterizzare geotecnicamente i terreni sono state eseguite 2 prove penetrometriche statiche, spinte fino la profondità di:

CPT1 -6.4m

CPT2 -5.0m

Le prove sono state realizzate nella zona verde subito a sud del manufatto esistente. A causa della vegetazione e della pavimentazione esistente, le prove sono state effettuate nell'area antistante al luogo dove nascerà il nuovo fabbricato. Esse sono state denominate CPT1, verso sud, e CPT2, effettuata più a nord, nei pressi della passerella esistente.

Lo strumento utilizzato presenta le seguenti caratteristiche:



Pemetrometro dinamico statico

GEO-EASY series 10

HYDRA

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Le correlazioni utilizzate sono le seguenti:

Terreni coesivi	
Coesione non drenata	Terzaghi-Peck
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	Robertson (1983)
Modulo Edometrico	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner
Modulo di Young	Apollonia
Peso unità di volume	Meyerhof ed altri
Peso unità di volume saturo	Meyerhof
TERRENI INCOERENTI	
Densità relativa	Meyerhof 1957
Angolo di resistenza al taglio	Meyerhof (1956)
Modulo di Young	Bowles (1982) Sabbia Media
Modulo Edometrico	Begemann (1974)
Peso unità di volume	Meyerhof ed altri
Peso unità di volume saturo	Terzaghi-Peck 1948-1967
Modulo di Poisson	(A.G.I.)
Modulo di deformazione a taglio	Ohsaki (Sabbie pulite)
Modulo di reazione Ko	Navfac 1971-1982
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	Robertson 1983

Correlazione con Nspt

La correlazione del numero di colpi della prova dinamica con Nspt viene effettuato mediante la seguente relazione:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

Q = l'energia specifica per colpo
Q_{spt} = è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (Formula Olandesi):

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
- e = infissione media per colpo (□/ N);
- M = peso massa battente (altezza caduta H);
- P = peso totale aste e sistema battuta.





Figura 14 cantiere prova penetrometrica statica 1-2

Le prove hanno indicato la presenza di uno strato di riporto di 0.8 - 1.0 m abbastanza compatto. In successione a tale strato è presente un livello di coperture eluvio-colluviali, poco addensate e con caratteristiche meccaniche mediamente scadenti. Alla profondità di 3.2 - 4.0 m si nota un graduale miglioramento delle caratteristiche dei terreni i quali presentano, a quella profondità, una maggior compattezza tale da assimilare tale orizzonte al substrato geologico. Nella prova CPT1 si riscontra al tetto del substrato un livello di 0.8 m composto da substrato alterato. Da notare che alla quota di 2.4 m (CPT1) e 3.4 m (CPT2) dal piano campagna, in entrambe le prove si ha un minimo della resistenza alla punta e laterale dei terreni. Tale livello è lateralmente continuo e correlabile in entrambe le prove.

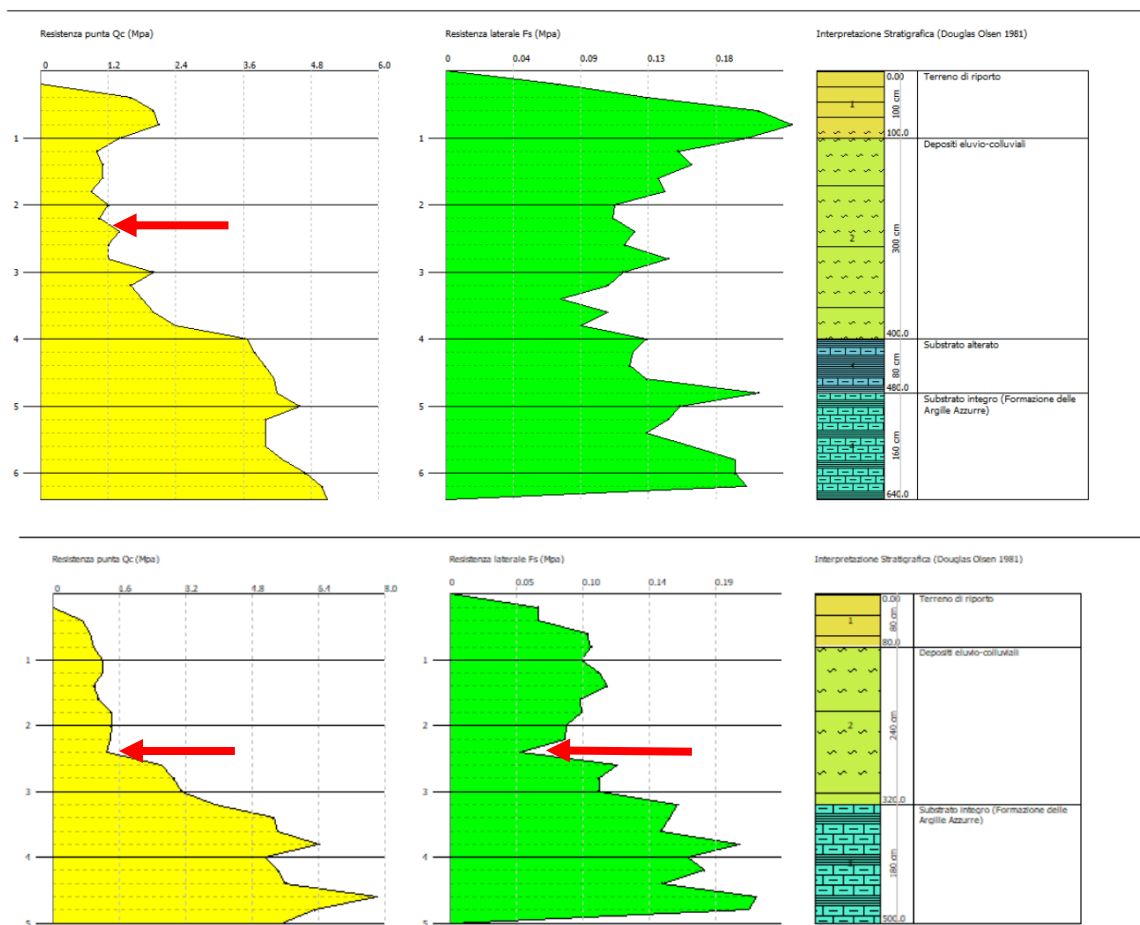


Figura 15 andamento delle prove CPT (sopra) e CPT2 (sotto) resistenza in punta e laterale ogni 20cm.

revisione	27	06	2018	Pagina 17/39
data	15	05	2018	\\LACIE-D2\Lavori\Ancona\28_18 VOLPE MARCO\1_RELAZIONI FRONTALINO



6.2 Prova sismica

Ai fini della classificazione dei terreni secondo quanto prescritto dall'art.3.2.2 delle nuove norme tecniche NTC 18 è stata effettuata:



*Figura 16 piedini usati
per l'ancoraggio a terra
della strumento*

→ N.1 prova sismica con metodo passivo HVSR combinata con metodo SASW

Tali prove sono state realizzate con tromografo (Tromino) marca Micromed.

Mediate l'uso dei dati dedotti dalla prova HVSR, che determina la frequenza di risonanza propria dei terreni in sito, si risale alle velocità delle onde sismiche S dei primi trenta metri di terreno, individuando così la categoria di suolo come prescritto nelle NTC '18.

Ai fini di una corretta interpretazione dei dati, sono state effettuate in loco, mediante tromografo, due acquisizioni di circa 20 minuti l'una (Hvsr1- Hvsr2) successivamente elaborate e confrontate.

Prima di iniziare la registrazione viene opportunamente preparato il terreno mediante la rimozione di tutto quello che potrebbe interferire nell'accoppiamento strumento-terreno, si presta particolare attenzione alla presenza di fattori che potrebbero disturbare la prova quali radici, erba, elementi di origine antropica, pietrame, etc.

Dopo aver preparato la superficie, rimuovendo le asperità per produrre un piano, si è proceduto all'accoppiamento strumento-terreno con attenzione per la messa in bolla ed il controllo delle tre componenti di registrazione (orizzontali e verticale) che debbono essere libere di registrare (tale operazione viene fatta osservando direttamente sul display del tromino le tracce di registrazione).

Nel caso specifico l'ancoraggio a terra dello strumento è stato effettuato mediante l'ausilio di piedini di lunghezza 3,5 cm, adatti a luoghi con la presenza in superficie di terreni morbidi e poco compatti (vedi Figura 15 piedini usati per l'ancoraggio a terra della strumento). Lo strumento è stato inoltre coperto mediante un contenitore in plastica al fine di evitare che raffiche di vento alterassero la prova, visto che le prove sono state realizzate in zona alberata la copertura ha inoltre impedito che elementi caduti dall'alto potessero colpire lo strumento alterando la prova.

L'accoppiamento dello strumento al suolo, in questo caso, è risultato particolarmente agevole in quanto è stato necessario rimuovere soltanto pochi centimetri di terreno di riporto e vegetale. Effettuata l'acquisizione dei dati (registrazioni di circa 20 minuti l'una) in campagna si è proceduto al controllo delle curve e della qualità della prova (nel caso in cui la prova fosse risultata particolarmente disturbata si sarebbe proceduto con una nuova acquisizione);

**HVSR**

Strumento: TEP-0068/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 11/05/18 12:20:06 Fine registrazione: 11/05/18 12:40:07

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 13°28.8046 E, 43°35.6389 N (183.5 m)

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

SASW

Strumento: TEP-0068/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 11/05/18 12:48:06 Fine registrazione: 11/05/18 12:57:07

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Freq. campionamento: 1024 Hz

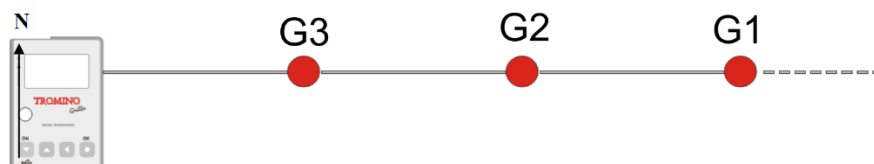
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 m.

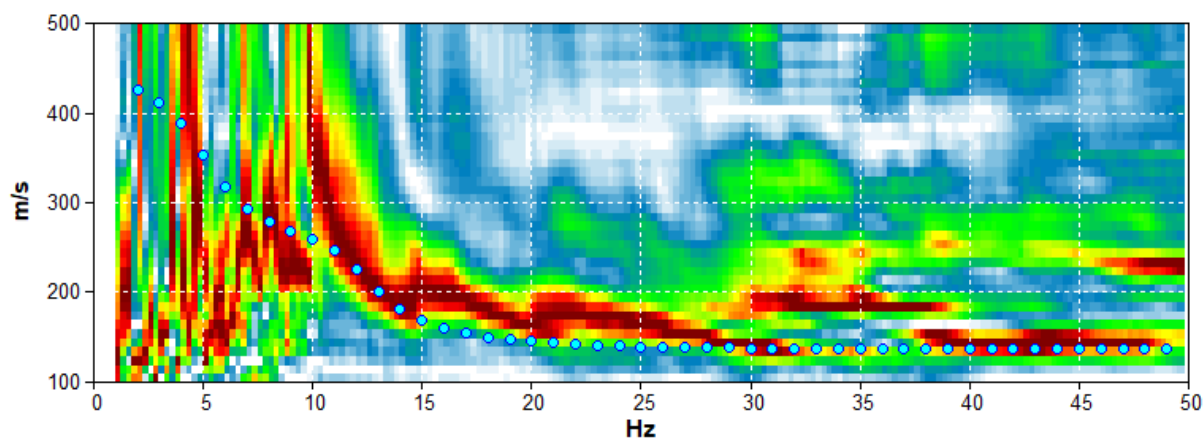
Durata registrazione: 0h9'01".

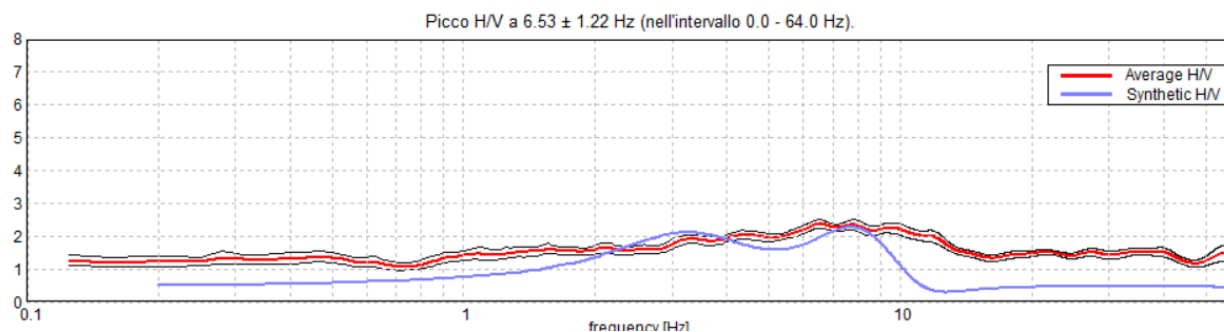
CANALE Tigger attivo

Stendimento L=33m D=3m

Figura 17 cantiere prove sismiche
SASW e HVSR

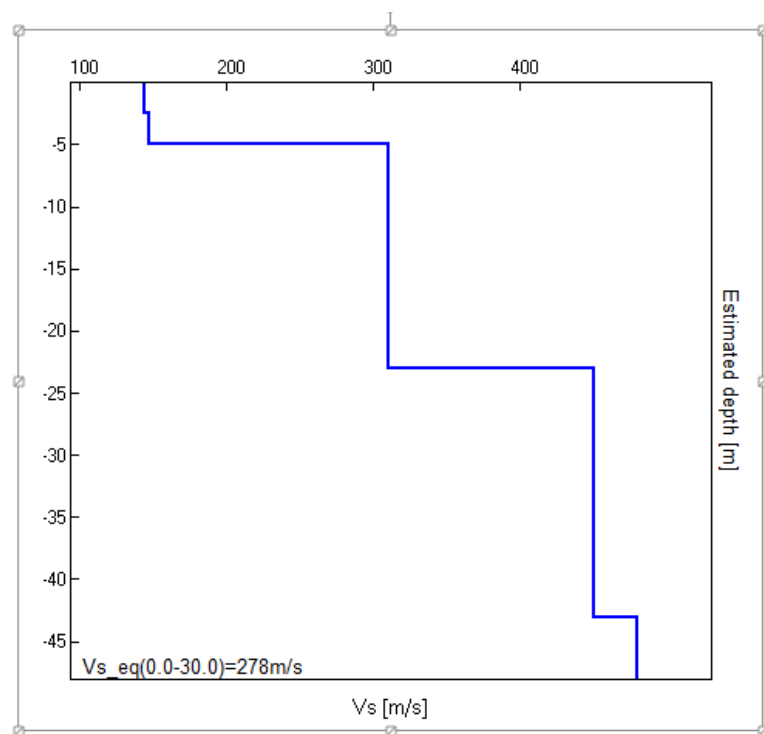
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE





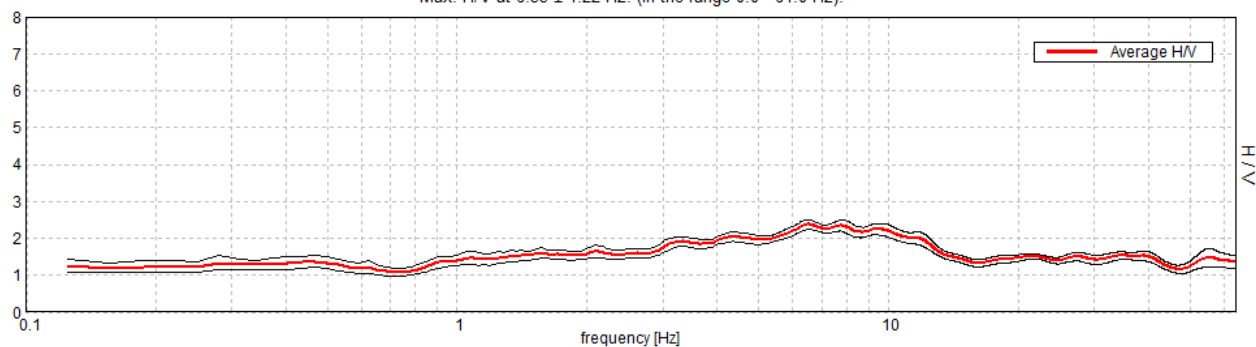
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	144	0.42
5.00	2.50	147	0.42
23.00	18.00	310	0.40
43.00	20.00	450	0.40
inf.	inf.	480	0.35

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=278\text{m/s}$

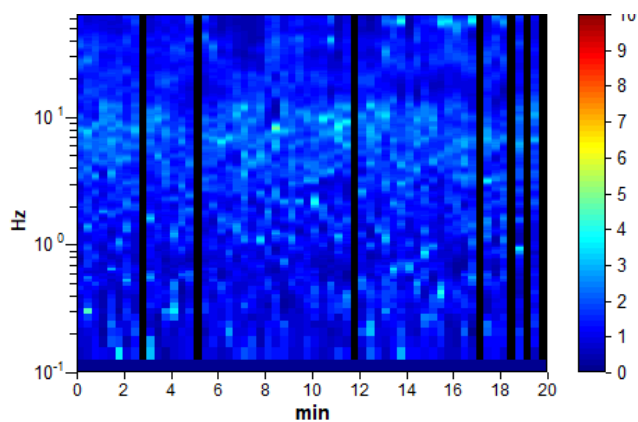




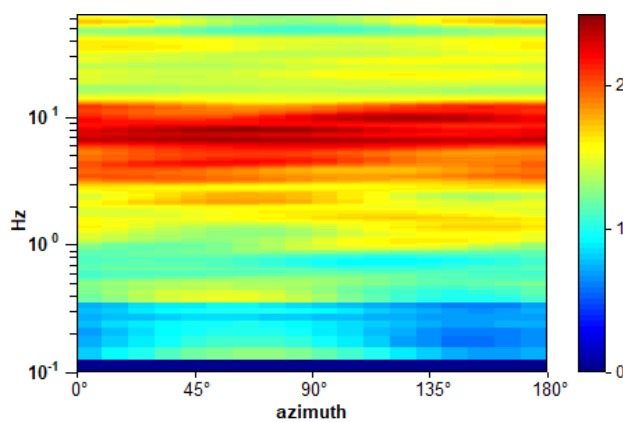
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 6.53 ± 1.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

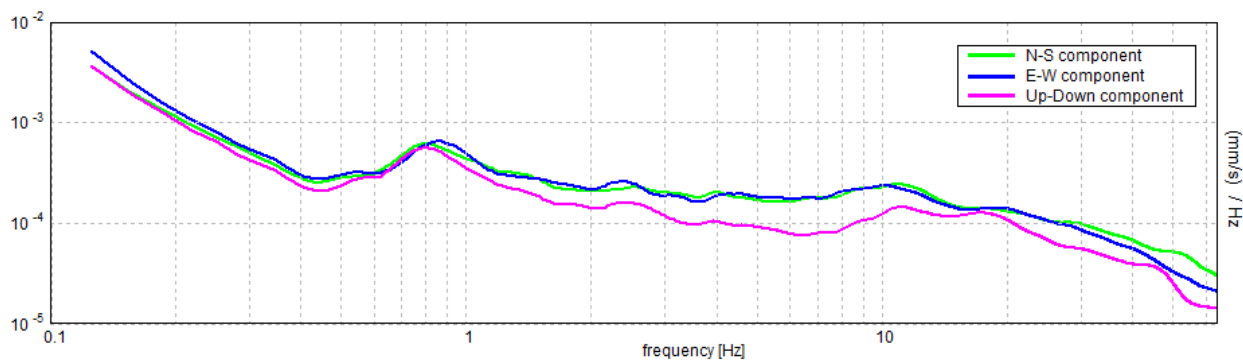
SERIE TEMPORALE H/V



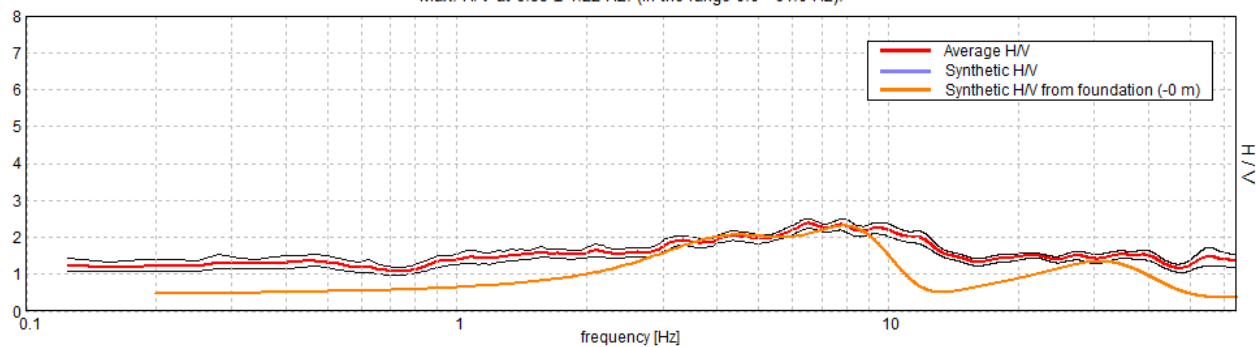
DIREZIONALITA' H/V

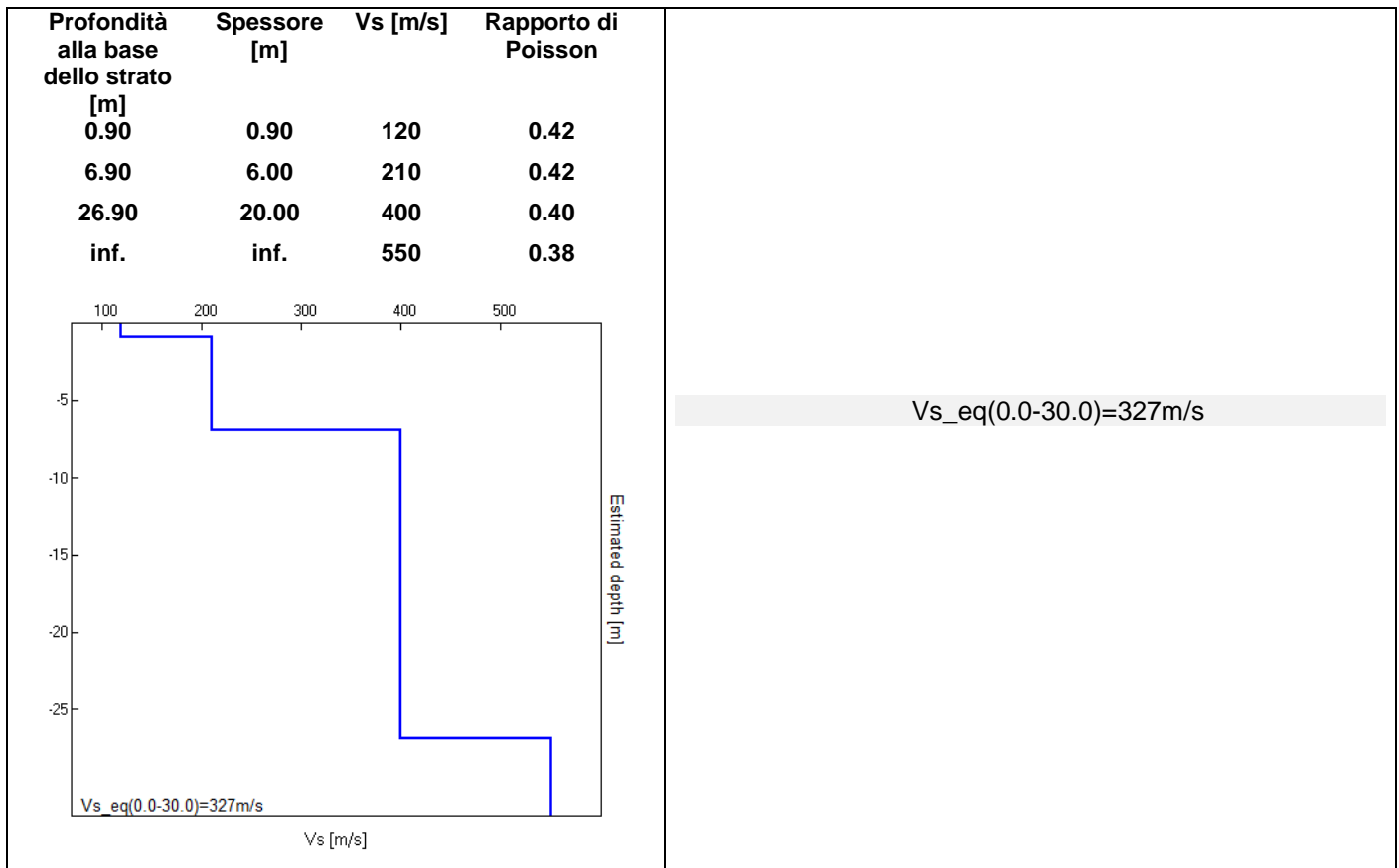


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 6.53 ± 1.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 4.69 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6923.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 314	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.38 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18698 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.2212 < 0.32656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.132 < 1.58$	OK	

L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$	lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi
---------------------------------------	--

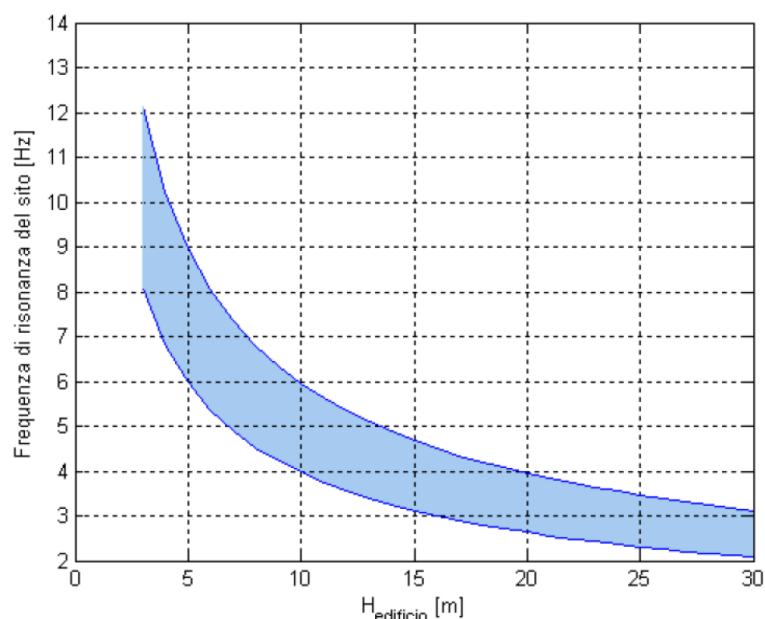


f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CORRELAZIONE TRA ALTEZZA EDIFICI E FREQUENZA DI RISONANZA DEI TERRENI

Il grafico seguente descrive la correlazione tra l'altezza dell'edificio e il suo periodo di risonanza con i relativi intervalli di confidenza (sebbene il periodo di risonanza di una struttura dipenda da molti fattori altezza, rapporto altezza/base, materiali di costruzione ecc., l'altezza è il fattore che pesa maggiormente).



L'area blu indica la zona in cui la coincidenza delle frequenze di risonanza (sito ed edificio) produce effetti di amplificazione che devono essere attentamente valutati perché sono proprio questi fenomeni a incidere pesantemente sulla stabilità degli edifici.

Frequenza naturale dell'edificio~frequenza fondamentale di risonanza del sito

Dal punto di vista della risposta sismica, il rilievo dei microtrempi con il metodo di Nakamura ha posto in luce

-che nella stratigrafia locale è possibile, per determinati intervalli di frequenza 5.0-8.0Hz, che si formino fenomeni di doppia risonanza struttura-terreno.

**-MODELLO GEOTECNICO-****7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Al fine di aiutare il progettista nelle sue scelte, di seguito vengono riassunti i parametri fisico-meccanici relativi ai terreni presenti. Tali valori sono stati dedotti dalle prove penetrometriche eseguite.

	Spessore	Peso di volume γ g/cm ³	Coesione non drenata Cu Kg/cm ²	Coesione drenata c' Kg/cm ²	Angolo d'attrito Φ °	Modulo Edometrico Ed Kg/cm ²	Coeff. Spinta Riposo K ₀	Modulo Young E _y Kg/cm ²	Coeff di Poisson μ
riporto Tipo RI	0.8 - 1.0 m	1.7 - 1.8	0.2 - 0.5			9 - 21			
Dep eluvio-colluviali Tipo SM	2.4 - 3.0 m	1.8 - 1.9	0.6- 0.7			43 - 47			0.40
Substrato Tipo SFALS ALS	>1.8 - 2.4 m	2.0 - 2.1	1.5 - 2.9			81 - 117			0.4 - 0.35

Figura 18 Parametri fisici e meccanici dei terreni in sito.

-MODELLO SISMICO-**8. DEFINIZIONE AZIONE SISMICA**

Per la nuove NTC '18 la sicurezza delle strutture deve essere valutata con riferimento ad un certo numero di stati limite, che possono verificarsi nel *periodo di riferimento* di una data opera. Ai fini della definizione dell'azione sismica da utilizzare nelle verifiche o nella progettazione, è quindi necessario stabilire:

- vita nominale dell'opera** (Vn), che insieme alla classe d'uso (Cu) permette di stabilire il periodo di riferimento (Vr);
- il **periodo di ritorno** (Tr) associato a ciascun stato limite, determinato sulla base del periodo di riferimento e delle relative probabilità di superamento (Pvr);
- l'azione sismica** (pericolosità sismica) che può essere espressa sia in con spettri di risposta elastici in accelerazione che in termini di spettri di spostamento (da tali spettri mediante l'uso di un coefficiente detto di struttura (q) è possibile determinare gli spettri di progetto).

8.1 Vita nominale classe d'uso e periodo di riferimento

Le NTC '18 prevedono che l'azione sismica sia associata a un periodo di ritorno (Vr) dell'opera ed a una prefissata probabilità di eccedenza, cui è abbinato un periodo di ritorno (Tr). Vr definisce il periodo di osservazione per l'accadimento di terremoti di eccedenza, durante tale periodo, dell'azione sismica da considerare.



A		SICUREZZA PRESTAZIONI ATTESE	
VITA NOMINALE			
TIPO DI OPERA		VITA NOMINALE VN anni	
1 opere provvisorie - strutture in fase costruttiva		<input type="radio"/> ≤10	
2 opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale		<input checked="" type="radio"/> ≥50	
3 grandi opere ponti opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica		<input type="radio"/> ≥100	
VN= 50 Anni			
CLASSE D'USO			
CLASSE		COEFFICIENTE D'USO Cu	VERIFICA SISMICA
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli	<input type="checkbox"/> 0.7	
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. Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), gli uffici, i negozi.	<input checked="" type="checkbox"/> 1	
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.	<input type="checkbox"/> 1.5	
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.	<input type="checkbox"/> 2	
Cu= 1			
PERIODO DI RIFERIMENTO			
Vr = VN X Cu 50 ANNI			

Di seguito vengono indicate le condizioni di progetto, secondo la normativa NTC'18, con riferimento alla tabella 2.4.I. delle si identifica la "vita nominale" dell'opera strutturale $VN \geq 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale). Per quanto riguarda la "classe d'uso" (punto 2.4.2 delle "NTC18") l'edificio in oggetto ricade in Classe II. Il "periodo di riferimento per l'azione sismica" (punto 2.4.3 delle "NTC18"), considerato che il coefficiente d'uso nel caso in esame vale $CU = 1,0$ (tabella 2.4.II delle "NTC18"), si determina mediante la relazione:

$$VR = VN \cdot CU = 50 \cdot 1.0 = 50 \text{ anni.}$$

8.2 Probabilità di eccedenza e periodo di ritorno

Dal punto di vista prestazionale le NTC 18 prevedono quattro possibili combinazioni di stati limite:

DUE STATI LIMITE DI ESERCIZIO:	SLO stato limite di operatività
	SLD stato limite di danno
DUE STATI LIMITE ULTIMO	SLV stato limite di salvaguardia della vita
	SLC stato limite di prevenzione al collasso

Ogni stato limite è associato ad una probabilità di eccedenza (probabilità di accadimento nel periodo di riferimento V_r di almeno un sisma avente periodo di ritorno T_r)

	STATO LIMITE		Pvr Probabilità di superamento nel periodo V_r
DUE STATI LIMITE DI ESERCIZIO:	stato limite di operatività	SLO	81%
	stato limite di danno	SLD	63%
DUE STATI LIMITE ULTIMO	stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	stato limite di prevenzione al collasso	SLC	5%

Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{vr} associata ad ogni stato limite è possibile determinare il periodo di ritorno T_r con la seguente relazione:

$$T_r = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = \frac{Cu V_n}{\ln(1 - P_{vr})}$$

Si ottiene quindi:

PERIODO DI RITORNO SECONDO ntc 18		T_r	anni
stato limite di operatività	SLO	$T_r \sim 0.6 V_r$	30
stato limite di danno	SLD	$T_r \sim 1.0 V_r$	50
stato limite di salvaguardia della vita	SLV	$T_r \sim 9.5 V_r$	475
stato limite di prevenzione al collasso	SLC	$T_r \sim 19.5 V_r$	975



8.3 Pericolosità sismica

Ai fini della determinazione dell'influenza delle azioni sismiche nell'opera in progetto si è provveduto, secondo i dettami del T.U. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, a caratterizzare i seguenti aspetti:

1. aspetti geodinamici e sismici;
2. pericolosità sismica di base;

8.3.1 Aspetti geodinamici e sismici

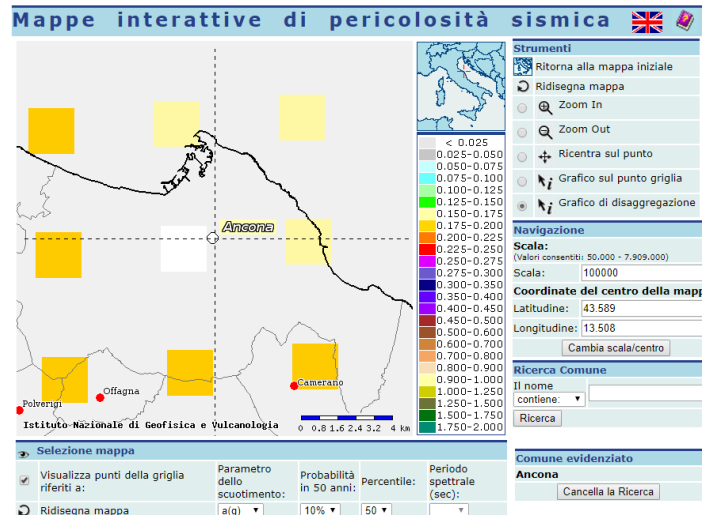
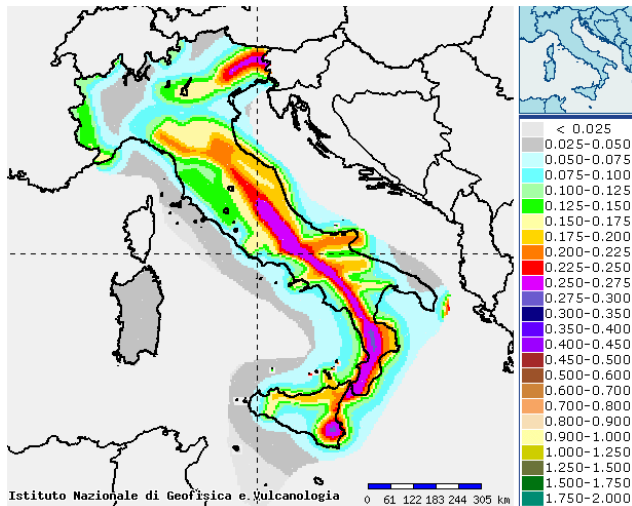
Il comune di Ancona secondo l'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 viene classificato in Zona 2 con accelerazione attesa orizzontale al suolo pari a:

Zona 2			
		<p>Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della protezione civile <i>Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico</i></p> <p>Classificazione sismica al 2010</p> <p>ZONA 2 - Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti</p>	
Zona		A(g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)	A(g) con probabilità di superamento della soglia pari al 10% in 50 anni
Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	0.35 g	$ag > 0.25 > 0.25$
Zona 2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	0.25 g	$0.15 < ag \leq 0.25$
Zona 3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	0.15 g	$0.05 < ag \leq 0.15$
Zona 4	E' la zona meno pericolosa	0.05 g	$ag \leq 0.05$

8.3.2 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base (caratteristiche del moto sismico nel sito di interesse) viene definita da:

1. l'accelerazione massima di picco orizzontale ag ;
2. valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 ;
3. periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c ;



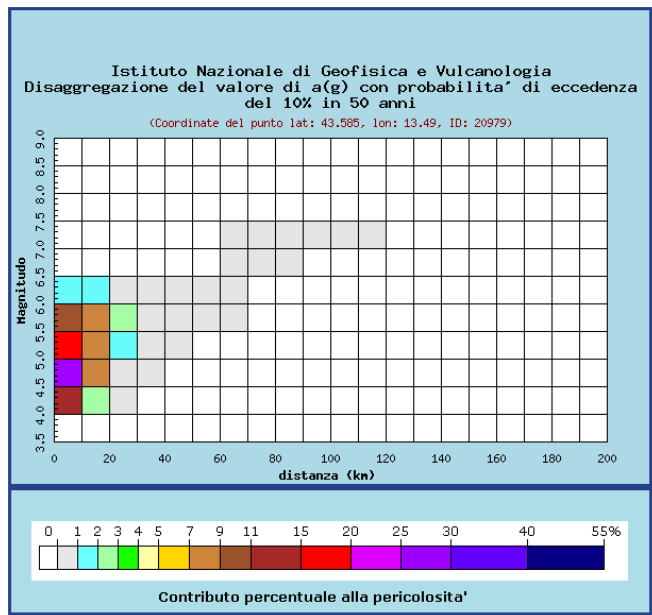
Valori di pericolosità sismica in funzione per periodo di ritorno associato ai vari stati limite SL. L'accelerazione massima al suolo viene fornita con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un periodo di ritorno $T_r=475$ anni - mappa di pericolosità dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

STATO LIMITE	T_r [anni]	a_g [g]	F_o	T_c' [s]
Operatività (SLO)	30	0,044	2,440	0,277
Danno (SLD)	50	0,058	2,575	0,277
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,179	2,460	0,296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,233	2,498	0,309
Periodo di riferimento per l'azione sismica		50		

Tali valori vengono riferiti al suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale; si deve pertanto valutare l'effetto della risposta sismica locale al fine di poter stimare come il segnale sismico viene variato a causa delle caratteristiche litologiche dei terreni e quindi delle proprietà meccaniche e della topografia di superficie. Si richiede pertanto di determinare:

1. l'amplificazione stratigrafica;
2. l'amplificazione topografica.

Di seguito si procede, mediante l'ausilio del sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, alla disaggregazione dei dati di pericolosità sismica, così da poter determinazione la M_w (magnetudo momento) e R (distanza epicentrale) per $a(g)$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.585, lon: 13.49, ID: 20979)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.600	25.000	17.700	10.700	1.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.010	7.000	8.550	8.190	1.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.019	0.489	1.460	2.250	0.725	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.152	0.587	0.376	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.125	0.158	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.009	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	Valori Medi		
	Magnitudo Mw	Distanza R	Epsilon
Valori medi	5.110	8.990	0.718
Valore Max	6.5	10-20	

8.3.3 Amplificazione stratigrafica

Per la determinazione in maniera semplificata degli effetti di sito dovuti alle caratteristiche litostratigrafiche, le nuove NTC 18 di cui al D.M. 14/1/18 suddividono le tipologie di sottosuolo in categorie, basandosi sul concetto che l'amplificazione sismica di un deposito dipende dal suo modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 , quest'ultimo   inoltre legato alla velocit  di propagazione delle onde di taglio V_{seq} .

Come sopra descritto il metodo semplificato delle NTC 18, impongono di caratterizzare mediante criteri geofisici il profilo stratigrafico del suolo, in modo da poterlo inquadrare in una delle cinque (A - B - C - D - E) tipologie di suoli, se il terreno non ricade in una di queste categorie non   possibile usare il metodo semplificato, ma bisogna procedere con studi specifici dall'Fa risposta sismica locale). La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocit  equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

	H_i spessore iesimo dello strato	$V_{s,i}$ velocit� delle onde di taglio nello iesimo strato m/s
	2.5	144
	2.5	147
	18	310
	7	450
H profondit� del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s	30	
N Numero di strati	4	278



Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 18.

Categoria suolo	descrizione	V_{S30} m/s	N_{spt30} terreni a grana grossa	Cu_{30} kPa terreni a grana fina
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	$* > 800$		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	$360 < * < 800$	$* > 50$	$* > 250$
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	$180 < * < 360$	$15 < * < 50$	$70 < * < 250$
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	$* < 180$	$* < 15$	$* < 70$
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.			

Tabella 3 classificazione sismica del suolo

Dalle prove sismiche e geotecniche effettuate, il terreno in studio lo si può assimilare alla categoria:

V_{seq}	Categoria sottosuolo
278 - 327	C

Tale affermazione viene fatta anche in considerazione del fatto che i terreni in sito non sono liquefacibili.

Grazie alla determinazione della categoria di suolo si determina il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s da applicare alle componenti orizzontali dell'azione sismica (S_s è in funzione dei parametri di pericolosità sismica A_g e F_0 e dell'accelerazione di gravità).

Viene inoltre definito il coefficiente C_c utile per il calcolo di T_c (periodo inizio tratto velocità costante):

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Categoria sottosuolo	SLO	SLD	SLV	SLC
Amplificazione stratigrafica S_s	1.5	1.5	1.44	1.35






Coefficiente Cc	1.60	1.60	1.57	1.55
-----------------	------	------	------	------

8.3.4 Amplificazione topografica

Il D.M. 17.01.2008 prevede che nei siti suscettibili di amplificazione topografica venga introdotto un coefficiente moltiplicativo ($S_t \geq 1$) per l'accelerazione massima orizzontale di progetto, che tenga conto delle seguenti caratteristiche morfologiche.

Per tener quindi conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del **coefficiente topografico ST** riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

L'area insiste su un versante con bassa acclività. Di seguito si determina il coefficiente di amplificazione ST paria a:

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA					Categoria topografica	Coefficiente di amplificazione topografica
POSIZIONE STRUTTURA						
Rilievo < 30m Inclinazione del pendio $\beta < 15^\circ$					T1	ST=1.0
Categoria topografica	β Inclinazione pendio	S_T	Ubicazione dell'opera	Altezza > 30m	X	
T1	$\beta < 15$	1.0	-			
T2 Pendio o rilievi isolati	$\beta > 15$	1.2	In corrispondenza della sommità del pendio			
T3 Rilievo con larghezza alla sommità molto inferiore a quella della base	$15 < \beta < 30$	1.2	In corrispondenza della cresta del rilievo			
T4	$\beta > 30$	1.4	In corrispondenza della cresta del rilievo			
Categoria Topografica T1						
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA						
H= quota sommità pendio	180 m s.l.m.					
h= quota del sito in esame	198 m.s.l.m.					
F=quota fondovalle	247 m.s.l.m.					
ST=		1				

8.4 Sintesi dei parametri e coefficienti sismici

L'accelerazione di picco al suolo, in assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale (microzonazione), può esser calcolato secondo quanto indicato dal D.M. 17 gennaio 2018:

$$a_{\max} = a_g \times S = a_g \times (S_s \times S_t)$$

dove:

"S" = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t);

a_g = è l'accelerazione massima attesa su sito di riferimento.

	SLO	SLD	SLV	SLC
Accelerazione massima al suolo a_{\max} (m/s ²)	0.652	0.858	2,522	3,089



Sito in esame.		Maglia di riferimento			
latitudine: 43,595506	Sito 1 ID: 20978	Lat: 43,5849	Lon: 13,4210	Distanza: 4977,271	
longitudine: 13,481011	Sito 2 ID: 20979	Lat: 43,5850	Lon: 13,4900	Distanza: 1376,439	
Classe: 2	Sito 3 ID: 20757	Lat: 43,6350	Lon: 13,4900	Distanza: 4445,975	
vita nominale: 50	Sito 4 ID: 20756	Lat: 43,6349	Lon: 13,4209	Distanza: 6527,743	
Parametri sismici			Coefficienti sismici		
	Categoria sottosuolo: C				
	Categoria topografici: T1				
	Periodo di riferimento: 50 anni				
	Coefficiente cu: 1				
SLO	Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,044 g Fo: 2,440 Tc*: 0,277 [s]	Ss: 1,500 Cc: 1,600 St: 1,000 Kh: 0,013 Kv: 0,007 Amax: 0,652 Beta: 0,200			
SLD	Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,058 g Fo: 2,575 Tc*: 0,277 [s]	Ss: 1,500 Cc: 1,600 St: 1,000 Kh: 0,018 Kv: 0,009 Amax: 0,858 Beta: 0,200			
SLV	Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,179 g Fo: 2,460 Tc*: 0,296 [s]	Ss: 1,440 Cc: 1,570 St: 1,000 Kh: 0,062 Kv: 0,031 Amax: 2,522 Beta: 0,240			
SLC	Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,233 g Fo: 2,498 Tc*: 0,309 [s]	Ss: 1,350 Cc: 1,550 St: 1,000 Kh: 0,088 Kv: 0,044 Amax: 3,089 Beta: 0,280			

Tabella 4 parametri e coefficienti sismici del sito d'interesse

8.5 Verifica liquefazione

La possibilità che un depositi raggiunga la liquefazione dipende da: grado di addensamento; granulometria e forma dei granuli; condizioni di drenaggio; andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata; età del deposito: profondità della falda.

Dallo studio dei fenomeni avvenuti in varie zone si è notato che la liquefazione si verifica con (da *Liquefazione dei terreni* Sebastiano G. Monaco ed. EPC pag.15):

- Terremoti $M \geq 5.5$ e con accelerazione ≥ 0.2 g
- nel terreno entro i 20m di profondità
- con falda superficiale (inferiore ai 3m) o almeno entro i 15 metri di profondità

E inoltre determinante la durata della scossa sismica affinché avvenga il fenomeno della liquefazione, maggiore è l'intensità e la durata di un terremoto e più probabile che il fenomeno si verifichi. E' pertanto fondamentale conoscere la distanza dalla sorgente.

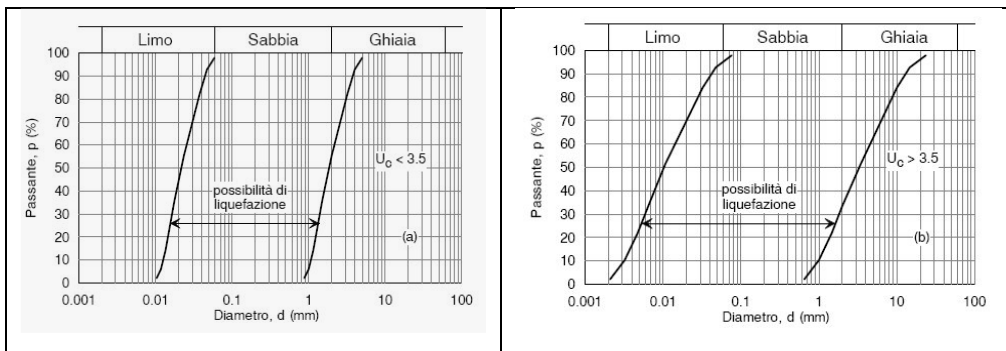
Secondo la nuova normativa sismica "D.M. 17 gennaio 2008 punto 7.11.3.4.2" la verifica a liquefazione può essere omessa se ci si trova in almeno una delle seguenti condizioni:

- per magnitudo del sisma di progetto $M < 5$;
- accelerazioni massime attese (Amax) al piano di campagna in assenza di manufatti $A_{max} < 0,10g$;
- per falda assente e/o profondità di falda superiori a 15 m dal piano campagna;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace



verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente a sinistra nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nella figura a destra caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Quando nessuna delle condizioni sopra riportate non risulta soddisfatta occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alla profondità in cui sono presenti terreni potenzialmente liquefacibili.

Nel caso specifico la verifica a liquefazione viene omessa in quanto sussistono alcune delle condizioni sopra elencate.



9. CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI

L'area in oggetto, come menzionato in precedenza, viene lambita da un fenomeno franoso quindi si consiglia come piano di fondazione il substrato argilloso. Al fine di trasferire i carichi direttamente al substrato si consiglia l'utilizzo di una fondazione profonda con pali che vadano ad intercettare tale orizzonte. Si consiglia altresì di verificare i pali di fondazione per spinte di taglio.

9.1 Coefficiente di sottofondo

Il coefficiente di reazione del terreno, o coefficiente di Winkler, è normalmente indicato come K o K_s [kgf/cm]. Nel modello di Winkler il sottosuolo è caratterizzato da una relazione lineare fra il cedimento di un punto (s) e la pressione di contatto (p) nello stesso punto: $p = K s$

MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]		MODULO DI REAZIONE "ORIZZONTALE" DEL TERRENO [per paratie]		MODULO DI TAGLIO DEL TERRENO	
Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI		Rif.: FONDAZIONI Joseph E. BOWLES			
Natura del terreno	K [Kg/cm ³]	Natura del terreno	Ks [Kg/cm ³]	Natura del terreno	G [MPa]
torba leggera	0.6 ~ 1.2	Terreno Sabbioso :		argilla molto molle	0.7 ~ 5.3
torba pesante	1.2 ~ 1.8	Sciolto	0.49 ~ 1.63	argilla molle	1.7 ~ 8.9
terra vegetale	1.0 ~ 1.5	Mediamente compatto	0.98 ~ 8.16	argilla media	5.8 ~ 22.7
depositi recenti	1.0 ~ 2.0	Compatto	6.53 ~ 13.50	argilla dura	19.2 ~ 45.5
sabbia di mare, fina	1.5 ~ 2.0	Terreno Argilloso:		argilla sabbiosa	9.6 ~ 104.2
sabbia poco coerente	2.0 ~ 4.0	qu < 2 daN/cm ²	1.22 ~ 2.45	detrito glaciale sciolto	4.0 ~ 60.0
terra molto umida	2.0 ~ 3.5	qu < 4 daN/cm ²	2.45 ~ 4.89	detrito glaciale compatto	60.0 ~ 288.0
terra poco umida	3.0 ~ 6.0	qu > 4 daN/cm ²	4.98 ~ 48.95	detrito glaciale molto compatto	200.0 ~ 576.0
terra secca	5.0 ~ 10.0	Sabbia argillosa mediamente compatta	3.26 ~ 8.16	loess	5.8 ~ 27.3
argilla con sabbia	8.0 ~ 10.0	Sabbia limosa mediamente compatta	2.45 ~ 4.89	sabbia limosa	1.8 ~ 7.1
argilla grassa	10.0 ~ 12.0			sabbia sciolta	3.6 ~ 8.9
sabbia compatta	8.0 ~ 15.0			sabbia compatta	7.8 ~ 28.6
ghiaia con sabbia	10.0 ~ 25.0			sabbia e ghiaia in miscuglio sciolte	16.7 ~ 50.0
ghiaia compatta	20.0 ~ 30.0			sabbia e ghiaia in miscuglio compatte	27.8 ~ 55.5
				argilloscisto	53.6 ~ 1785.7
				limo	0.7 ~ 7.7

Dal punto di vista fisico il mezzo alla Winkler può essere assimilato ad un letto di molle elastiche fra loro indipendenti. Il coefficiente di reazione del terreno è per definizione il rapporto fra carico e cedimento. In un terreno reale il cedimento dipende, oltre che dal carico applicato e dalle proprietà del terreno, dalla forma e dimensioni della fondazione e dalla stratigrafia del terreno. Il coefficiente di reazione non è quindi una proprietà del terreno e non può essere definito con solo riferimento al terreno, ma deve anche essere riferito alla dimensione e forma della fondazione.

In mancanza di verifiche sperimentali (prove di carico su piastra) il metodo più appropriato per ricavare K è quello di calcolare il cedimento s della fondazione tenendo conto del carico applicato, della geometria della fondazione, della stratigrafia del terreno e delle caratteristiche dei singoli strati, e poi ricavare K come rapporto fra la pressione media applicata p ed il cedimento s . In alternativa e soprattutto se il terreno è relativamente uniforme si possono fare valutazioni di prima approssimazione secondo le procedure che seguono.

Per un mezzo elastico omogeneo il cedimento di una fondazione di larghezza B che applica al terreno di appoggio una pressione p è dato da:

revisione	27	06	2018	Pagina 33/39
data	15	05	2018	\\LACIE-D2\Lavori\Ancona\28_18 VOLPE MARCO\1_RELAZIONI FRONTALINO



$$K=p/s \quad s= [p \cdot B \cdot (1-v_2) \cdot I]/E$$

$$K_r = \frac{E}{(1-\sigma^2) \cdot I_\delta \cdot B} = \text{kg/cm}^3$$

$$Kr = \frac{43}{(1-0,20) \times 2.11 \times 60} = \frac{43}{101,2} = 0.45 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

Dove:

E= moduloelastico_ 43 Kg/cm²

B= larghezza fondazione, viene considerata una piastra da 60 cm

σ = coefficiente di Poisson 0.45

I_δ = fattore di influenza, che si assume pari a 1,13 per L=B e 2,11 per L≥5B

0.45 Kg/cm³

9.2 Coefficiente di reazione laterale

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti di reazione laterale (Kg/cm³) relativo ai terreni attraversati dal palo:

diametro palo	0,6m
Depositi eluvio colluviali SM	1.2
Substrato <i>litotipo SFALS</i>	3

Calcolato con la seguente relazione di Skempton 1951

$$Kh = \frac{Cu \times Cf}{d} = \text{Kg} / \text{cm}^3$$

Cf è un coefficiente variabile che Skempton consiglia pari a 120

d = diametro del palo IPOTIZZATO 80CM

10. TERRE E ROCCE DI SCAVO

Il suolo ed i materiali escavati nel corso dell'attività di costruzione, ottenuti quali sottoprodotti, possono essere utilizzati per rinterri, riempimenti, modellazioni e rilevati purché soddisfino tutti i criteri, requisiti e condizioni previste dal 41 bis del Decreto legge 69/13 cd. "fare", come convertito dalla Legge 98/2013..

La norma si applica in tutti i casi in cui si vuole gestire le terre e rocce derivanti da scavi e i residui derivanti dalla lavorazione di materiali lapidei come sottoprodotti. Qualora ciò non sia possibile i materiali saranno trattati come rifiuti.

Il nuovo DL si applica ai materiali di scavo derivanti da lavori (all'art.1 , comma1 , lettera b del D.M. 161/2012): di costruzione, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro, manutenzione relativi a scavi in genere, perforazioni, trivellazioni, palificazioni, consolidamento ecc., opere infrastrutturali, rimozione e livellamento opere in terra, materiali litoidi e simili provenienti da escavazioni effettuate negli alvei sia dei corpi idrici superficiali. Tale decreto si applica anche ai residui derivanti dalla lavorazione di materiali lapidei anche non connessi alla realizzazione di un'opera e non contenenti sostanze pericolose.



Terre e rocce da scavo che provengono da attività o opere soggette a VIA e/ o AIA

L'art.41 comma 2 della L. 98/2013 (che aggiunge all'art.184-bis del D. Lgs. 152/06 s.m.i. il comma2 -bis) definisce che il D.M.161/2012 (Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo) si applica solo alle terre e rocce da scavo che provengono da attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale

Materiali da scavo che NON provengono da attività o opere soggette a VIA e/o AIA

L'art. 41-bis della L. 98/2013 dispone che in relazione a quanto disposto dall'art.266,comma7 , del D. Lgs.152/06 s.m.i. ed in deroga al D.M. 161/2012 i materiali di scavo sono sottoposti al regime dei sottoprodotti di cui all'art. 184-bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. Pertanto l'art. 41-bis si applica a tutti i materiali da scavo provenienti da opere non soggette a VIA o ad AIA, indipendentemente dal volume di scavo da riutilizzare, mentre ricadono nelle fattispecie disciplinate dal D.M.161/2012, come detto nel punto precedente, le attività o opere soggette a VIA o ad AIA, a anche qui indipendentemente dal volume di scavo da riutilizzare. Il nuovo art.4 1-bis dispone che il produttore dimostri che vengono soddisfatte le seguenti quattro condizioni che consentono pertanto di considerare i materiali da scavo prodotti nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti quali sottoprodotti e non come rifiuti:

1. che è certa la destinazione all'utilizzo direttamente presso uno o più siti o cicli produttivi determinati";
2. che, in caso di destinazione a recuperi, ripristini, rimodellamenti riempimenti ambientali o altri utilizzi su/ suolo, non sono superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione (riferimento alla legislazione vigente in materia di bonifica dei siti contaminati) e i materiali non costituiscono fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale" (riferimento al test di cessione ai sensi del D. M.5 febbraio1998 nel caso di eventuale presenza di riporti);
3. che, in caso di destinazione ad un successivo ciclo di produzione, l'utilizzo non determina rischi per la salute né variazioni qualitative o quantitative delle emissioni rispetto al normale utilizzo delle materie prime";
4. che ai fini di cui alle lettere b) e c) non è necessario sottoporre i materiali da scavo ad alcun preventivo trattamento, fatte salve le normali pratiche industriali e di cantiere"(riferimento alla definizione del DM 161/2012).

In base a quanto stabilito dal comma 2 dell'art.41-bis, il proponente o il produttore attesta il rispetto delle suddette quattro condizioni tramite dichiarazione resa all'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) ai sensi e per gli effetti del Testo unico del DPR 445/2000, precisando le quantità destinate all'utilizzo, il sito di deposito e i tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione, salvo il caso in cui l'opera nella quale il materiale è destinato ad essere utilizzato preveda un termine di esecuzione superiore".

Dichiarazioni atto notorio:

Autocertificazione Regione Marche <http://www.insic.it/GetAllegato.aspx?GuidAllegato=4044e8d3-6511-4cb2-ae9b-2518b983ca41>

Autocertificazione Regione Veneto <http://www.ance.it/docs/competenze.aspx?id=19&pid=11&pcid=13&docId=13128>

Autocertificazione Regione Toscana <http://www.ance.it/docs/competenze.aspx?id=19&pid=11&pcid=13&docId=13189>

Autocertificazione Provincia Trento <http://www.ance.it/docs/competenze.aspx?id=19&pid=11&pcid=13&docId=13248>

Si precisa che:

in base all'art. 185, comma, comma 1, lettera c) il suolo non contaminato o altro materiale allo stato naturale scavato nell'ambito di lavori di costruzione e riutilizzato in sito è escluso dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti e dalla gestione come sottoprodotto. Non è quindi sottoposto agli obblighi previsti né dal D.M. 161/2012 né dal D.Lgs. 152/2006, purché non vi sia la necessità di realizzare un deposito temporaneo al di fuori dell'area di cantiere.

	Cantieri con produzione > a 6.000 mc di materiale da scavo	Cantieri con produzione < a 6.000 mc di materiale da scavo
Opera soggetta a VIA o AIA	Riferimento normativo Legge 27/2012, art. 49 Legge 98/2013, art. 41, comma 2 D.Lgs. 152/2006, art. 184-bis, comma 2-bis D.M. 161/2012	Riferimento normativo D.Lgs. 152/2006, art. 266, comma 7 Legge 98/2013, art. 41-bis, commi 1-4
	Adempimenti - <u>Caratterizzazione analitica</u> (D.M. 161/2012, allegati 1, 2, 4) - <u>Piano di utilizzo</u> (D.M. 161/2012, art. 5 e allegato 5) - <u>Documento di trasporto</u> (D.M. 161/2012, allegato 6)	Adempimenti - <u>Dichiarazione sostitutiva atto notorio</u> (Legge 98/2013, art. 41-bis, commi 1 e 2) - <u>Conferma previsioni di utilizzo</u> (Legge 98/2013, art. 41-bis, comma 3) - <u>Copia contratto o scheda di trasporto</u> (D.Lgs. 286/2005, artt. 6 e 7-bis)



	<u>· Dichiarazione di avvenuto utilizzo</u> (D.M. 161/2012, allegato 7)	
Opera NON soggetta a VIA o AIA	<u>Riferimento normativo</u> Legge 98/2013, art. 41-bis, commi 1-5	<u>Riferimento normativo</u> D.Lgs. 152/2006, art. 266, comma 7 Legge 98/2013, art. 41-bis, commi 1-4
	<u>Adempimenti</u> - <u>Dichiarazione sostitutiva atto notorio</u> (Legge 98/2013, art. 41-bis, commi 1 e 2) · <u>Conferma previsioni di utilizzo</u> (Legge 98/2013, art. 41-bis, comma 3) · <u>Copia contratto o scheda di trasporto</u> (D.Lgs. 286/2005, artt. 6 e 7-bis)	<u>Adempimenti</u> - <u>Dichiarazione sostitutiva atto notorio</u> (Legge 98/2013, art. 41-bis, commi 1 e 2) · <u>Conferma previsioni di utilizzo</u> (Legge 98/2013, art. 41-bis, comma 3) · <u>Copia contratto o scheda di trasporto</u> (D.Lgs. 286/2005, artt. 6 e 7-bis)



11. CONSIDERAZIONI FINALI

In base ai dati emersi mediante l'indagine effettuata, vengono fatte alcune considerazioni utili al progettista al fine di favorirlo nelle sue scelte:

- Il sito in parola risulta localizzato in un area problematica dal punto di vista idro-geologico. Dal rilevamento di campagna effettuato in un intorno significativo all'area di progetto, sono state infatti osservate evidenze morfologiche di movimenti potenziali (Capitolo 3), alcune frane lambiscono l'area in studio.
- Nello specifico l'area di costruzione del fabbricato (come si può osservare dall'allegato 05) ricade in una zona censita dai tecnici della regione, nel progetto "Piano Assetto Idrogeologico" (PAI), avente un valore di pericolosità pari a 2. Tale fenomeno gravitativo risulta, dalla codifica PAI, F - 13 - 0153 - P2. Dall'analisi geologica effettuata la costruzione della struttura in progetto è compatibile con le condizioni geomorfologiche del sito, seppur si dovranno rispettare alcune indicazioni di seguito descritte:
 - Non dovranno essere realizzati significativi riporti di materiali.
 - Non dovranno essere effettuati sbancamenti con altezza superiore a 1.5m.
 - Poiché le acque giocano un ruolo fondamentale sulle condizioni di stabilità dei terreni, sarà indispensabile realizzare, sia a monte che a valle, opere mirate alla regimazione delle acque superficiali al fine di impedire che queste si infiltrino nel sottosuolo alterando le caratteristiche del terreno.
 - E' fondamentale che nel prevedere la regimazione delle acque superficiali tutte le condotte che captano acqua intorno alla struttura non siano convergenti in direzione dell'edificio, ma convogliate lontano da esso, in quanto in caso di perdita andrebbero a saturare e deteriorare i terreni di fondazione.
 - Data la problematicità dell'area da un punto di vista idrogeologico, si consiglia di fare attenzione che dette acque non vadano ad interagire con i fenomeni franosi presenti nella zona si appronti pertanto le misure necessarie, quali realizzazione di condotte protette con tecnologie atte a resistere ad eventuali stiramenti. Per le condotte si favoriscano percorsi al di fuori delle aree a dissesto.

→ la stratigrafia riscontrata è così schematizzabile:

	Spessore m	Peso di volume γ g/cm ³	Coesione non drenata Cu Kg/cm ²	Angolo d'attrito ϕ °	Modulo Edometrico Ed Kg/cm ²	Modulo Young Ey Kg/cm ²	Coeff di Poisson μ	Giudizio vocazionalità come piano di fondazione
TERRENO DI RIPORTO/VEGETALE tipo RI/OH	0.8 - 1.0 m	1.7 - 1.8	0.2 - 0.5		9 - 21			Non adatto
DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI tipo SM	2.4 - 3.0 m	1.8 - 1.9	0.6 - 0.7		43 - 47			Non adatto
SUBSTRATO Tipo SFALS ALS	1.8 - 2.4 m	2.0 - 2.1	1.5 - 2.9		81 - 117			Adatto

I terreni ritenuti idonei come base d'appoggio sono quelli indicati nella tabella **Tipo ALS** substrato integro. Tale strato infatti risulta molto compatto ed è da escludere che esso sia interessato dal fenomeno di instabilità che interessa il versante in esame.

Al fine di trasferire i carichi alla profondità necessaria per intercettare il substrato integro (-4.0 -3.4m dal p.c.) sarà necessario adottare come fondazione dei pali trivellati di diametro non inferiore di 0.6m. Tali pali dovranno avere una lunghezza non inferiore a 8m e dovranno essere verificati anche per spinte di taglio.

- L'area di fabbricazione non è attraversata da faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo. In loco si riscontra la possibilità di fenomeni di amplificazione locale dell'accelerazione sismica dovuti all'assetto topografico. Secondo le NTC '08, al sito viene attribuita la categoria topografica T1 e coefficiente di amplificazione topografica ST=1.0, in quanto interessa un'area di versante con acclività minore di 15°. L'analisi sismica effettuata sulla stratigrafia locale restituisce inoltre valori di $V_{s,eq}$ di 278 - 320 m/s, che consentono di attribuire al suolo di fondazione la categoria **C**. La zona sismica di riferimento è la "zona 2".



- Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche alla profondità di circa 4.0 m dal p.c. si registra un improvviso calo della resistenza dei terreni. Tale condizione impone l'adozione, come sopra detto, di fondazioni profonde che by-passino tale livello.
- Dal punto di vista della risposta sismica, il rilievo dei microtrempi con il metodo di Nakamura ha posto in luce, che nella stratigrafia locale esiste la possibilità che per determinati intervalli di frequenza 5.0-8.0 Hz si formino fenomeni di doppia risonanza struttura-terreno
- L'area in esame presenta un rischio di liquefazione molto basso.
- Durante le indagini non si è riscontrata la presenza di falda idrica.

12. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per una corretta caratterizzazione dal punto di vista sismico del sito in esame, si è svolto uno studio di risposta sismica locale. Esso è articolato in tre fasi principali, raccolta e pulizia dei dati estrapolati da prova HVSR e MASW, interpretazione congiunta con programmi di analisi statistica, calcolo del fattore di amplificazione.

Tutte le fasi sopra descritte sono state eseguite con programmi appositi come HV-Inv, dinver e RSL.

Come già accennato in precedenza, nella prima fase si sono estrapolati i dati provenienti dalle prove HVSR e SASW sotto forma di grafici. Tali grafici, curva di dispersione e grafico H/V, sono stati inseriti, dopo una pulizia preliminare, nel programma HV-Inv in cui i punti che li compongono sono stati ridimensionati per una corretta inversione.

La seconda fase consiste nell'inserire i dati precedentemente elaborati nel programma dinver. Esso, tramite metodi statistici, prevede l'andamento delle onde di taglio nel sottosuolo permettendo di stimare la profondità in cui tali onde raggiungono la velocità maggiore di 800 m/s (substrato sismico). In allegato si può trovare il report dettagliato delle inversioni. Per quanto riguarda il sito in esame si segnala che **la velocità delle onde di taglio**, essendo particolarmente bassa, **non raggiunge in nessun modello calcolato il substrato sismico**. Per eseguire il calcolo della risposta sismica locale, data tale condizione, si è ipotizzata la presenza del substrato sismico alla profondità di 254 m.

Nella terza fase, il calcolo della risposta sismica locale, si è utilizzato il programma RSL. Per prima cosa si sono reperiti gli accelerogrammi di riferimento dal sito REXELite e sono stati caricati nel programma. In seguito si è ricostruita la stratigrafia del sito in esame assegnando ad ogni strato i parametri geotecnici e la curva di dispersione più adatta alle caratteristiche dell'ammasso roccioso o del terreno presente nell'area.

Si è infine arrivati al calcolo del fattore di amplificazione dell'azione sismica riassunto nella seguente tabella:



Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.120 [s]
Tvi	0.620 [s]
Tao	0.370 [s]
Tvo	0.620 [s]
Sami	5.673 [m/s ²]
Svmi	0.313 [m/s]
Samo	7.734 [m/s ²]
Svmo	0.577 [m/s]
Fa	1.363 [-]
Fv	1.847 [-]
TB	0.156 [s]
TC	0.469 [s]
TD	2.316 [s]
SA(0)	3.068 [m/s ²]
SA(TB)	7.734 [m/s ²]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.088	0.140	0.200	1.595
0.400	0.800	0.121	0.226	0.500	1.867
0.700	1.100	0.124	0.201	0.636	1.620

L'intero calcolo, i parametri e la stratigrafia sono presenti in allegato.

Castelraimondo 18 giugno 2018

Dott. Geol. Massimo Gubinelli



AREA IN STUDIO

SISTEMA DI RUFERIMENTO
COORDINATE WGS 84:
Lat: 43.594178°
Long: 13.480112°

QUADRANTE 118 - IV NO

ANCONA

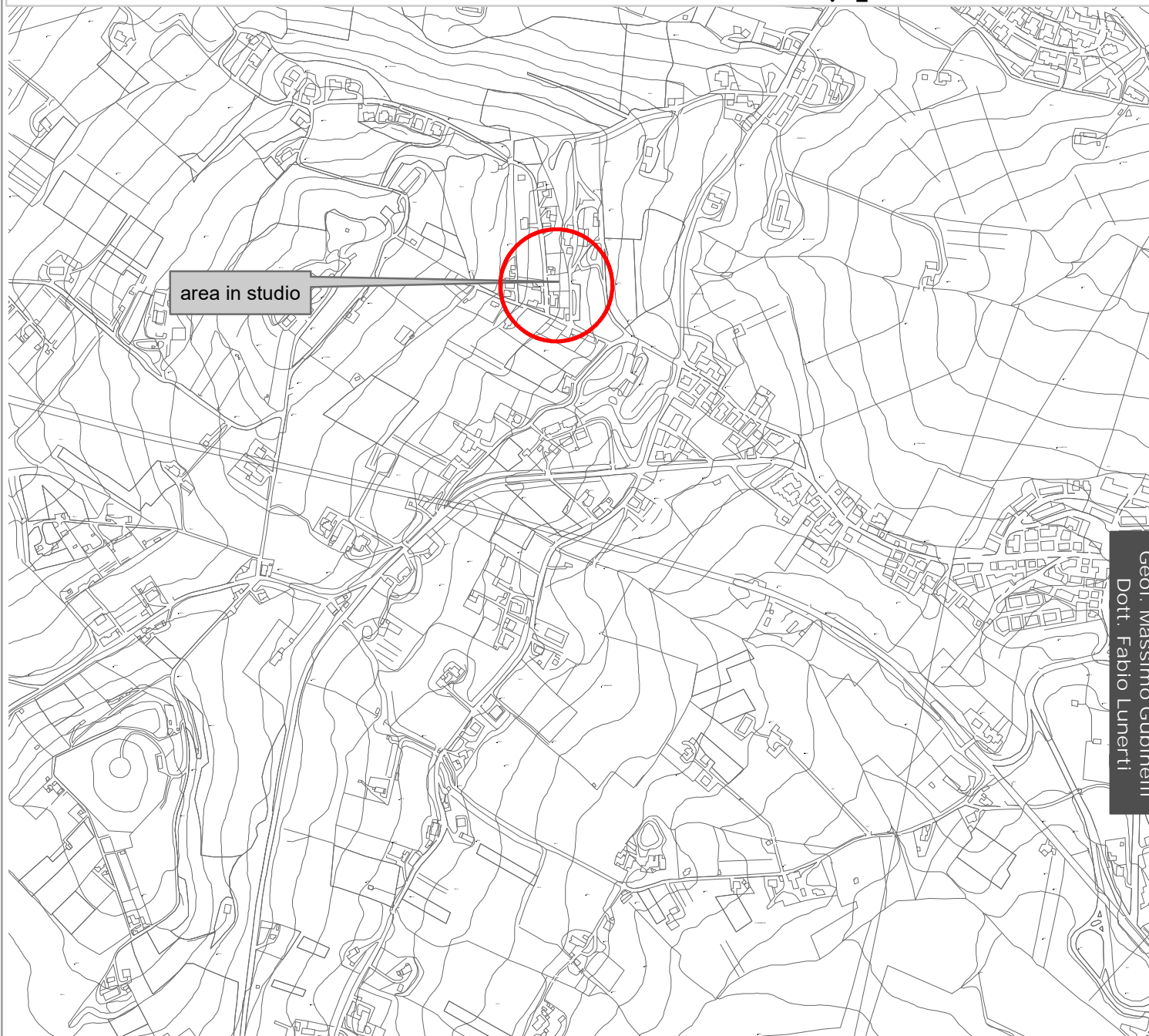
ANCONA

CARTA TECNICA REGIONALE

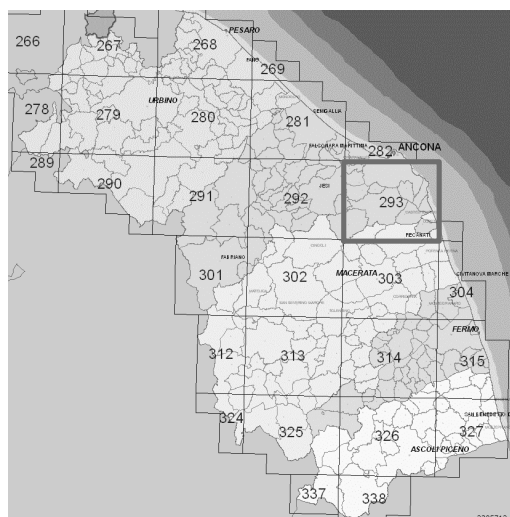


SCALA 1:10.000

0 35 70 140 210 280 Meters



Geol. Massimo Gubellini
Dott. Fabio Lunerti

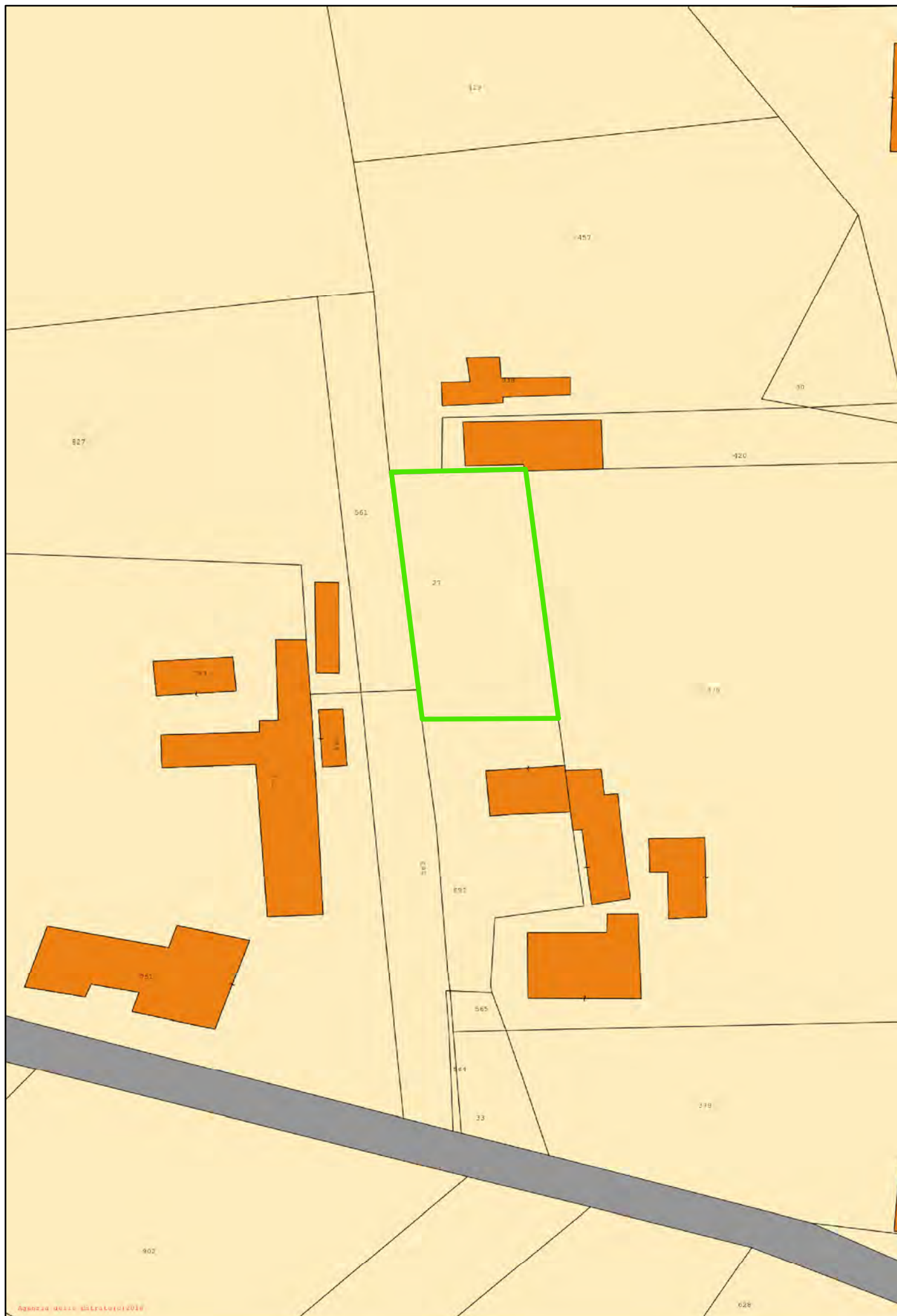


SEZIONE 293020

ANCONA

ANCONA

01	02	03	04
05	06	07	08
09	10	11	12
13	14	15	16

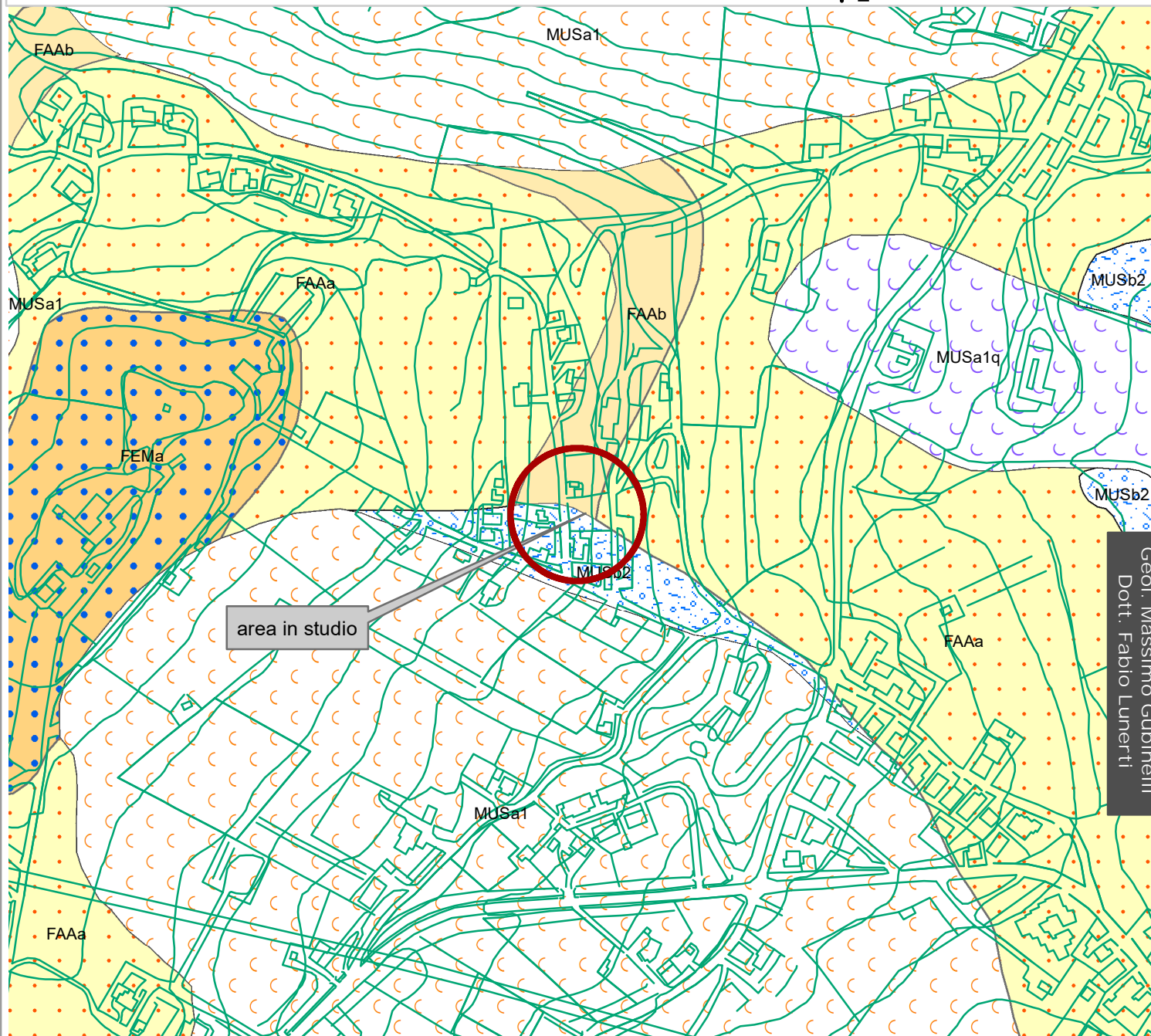


CARTA GEOLOGICA



SCALA 1:5.000




0 20 40 80 120 160 Meters



Geol. Massimo Gubellini
Dott. Fabio Lunerti



LEGENDA:

Coperture detritiche

-  FRANA SENZA INDIZI DI EVOLUZIONE
-  DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI
-  FRANA IN EVOLUZIONE

Successione Umbro-Marchigiana

Formazione delle Argille Azzurre

-  LITOFACIES ARENACEA
-  LITOFACIES ARENACEO-PELITICA

Formazione di Fermo

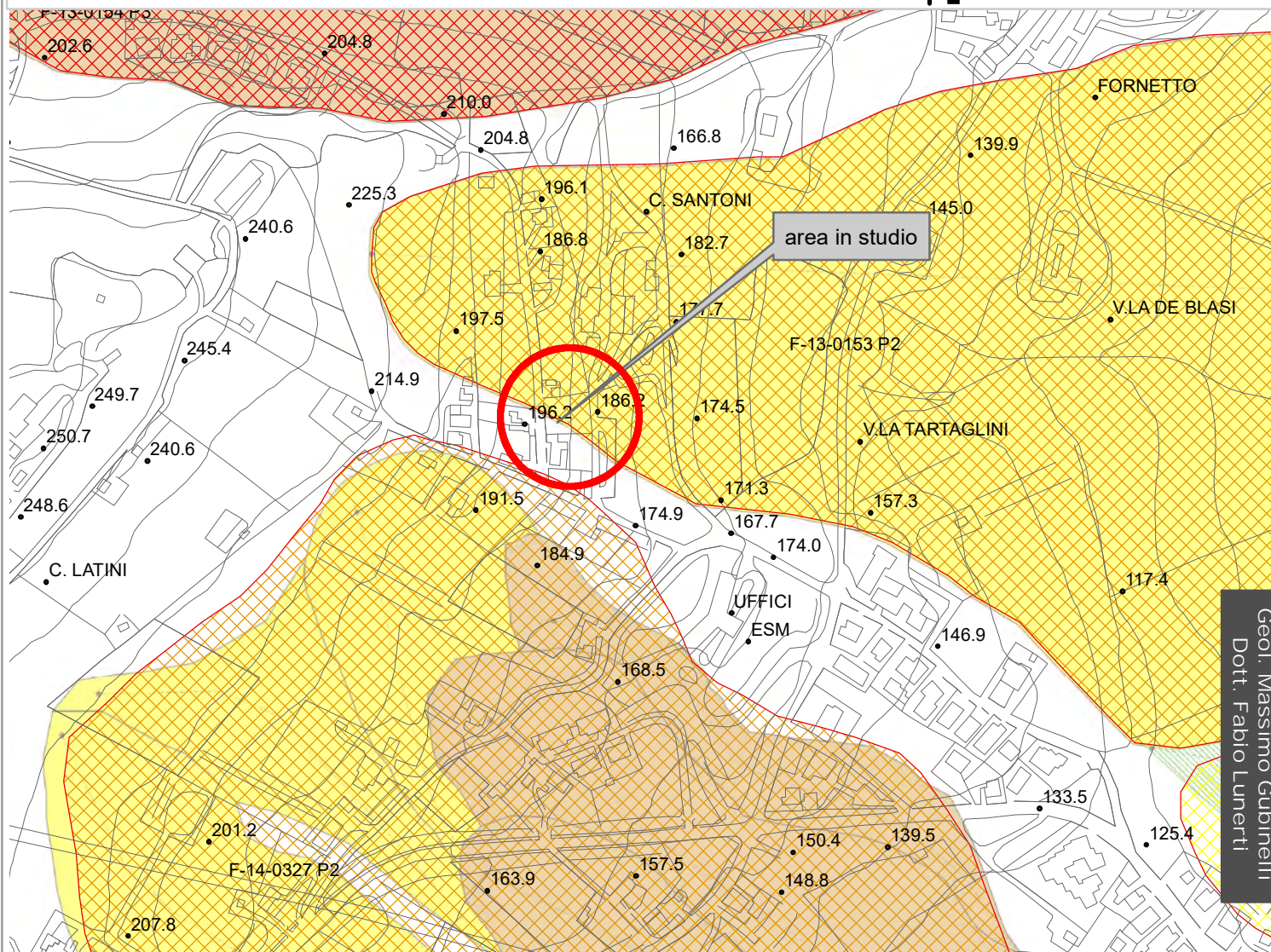
-  LITOFACIES ARENACEO-CONGLOMERATICA

CARTA DEI DISSESTI



SCALA 1:5.000

0 20 40 80 120 160 Meters



Geol. Massimo Gubinielli
Dott. Fabio Lunerti

CONFRONTO PROGETTI IFFI E PAI

IFFI - ISPRA

	Scivolamento rotazionale/traslativo		Colamento rapido
	area soggetta a frane superficiali		Complesso

PAI

L'AREA IN STUDIO E' INTERESSATA DA:

	si	no
esondazione		X
frana	X	
valanghe		X

COD E-

COD F- 13 - 0153 - P2

COD V-

Area a rischio frana

R1

R2

Area a rischio esondazione

R3

Area a rischio valanghe

RISCHIO

moderato R1= per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;

medio R2= per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;

elevato R3= per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;

molto elevato R4= per il quale sono possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale; distruzione delle attività socio-economiche.

PERICOLOSITA' DEI FENOMENI GRAVITATIVI art.12

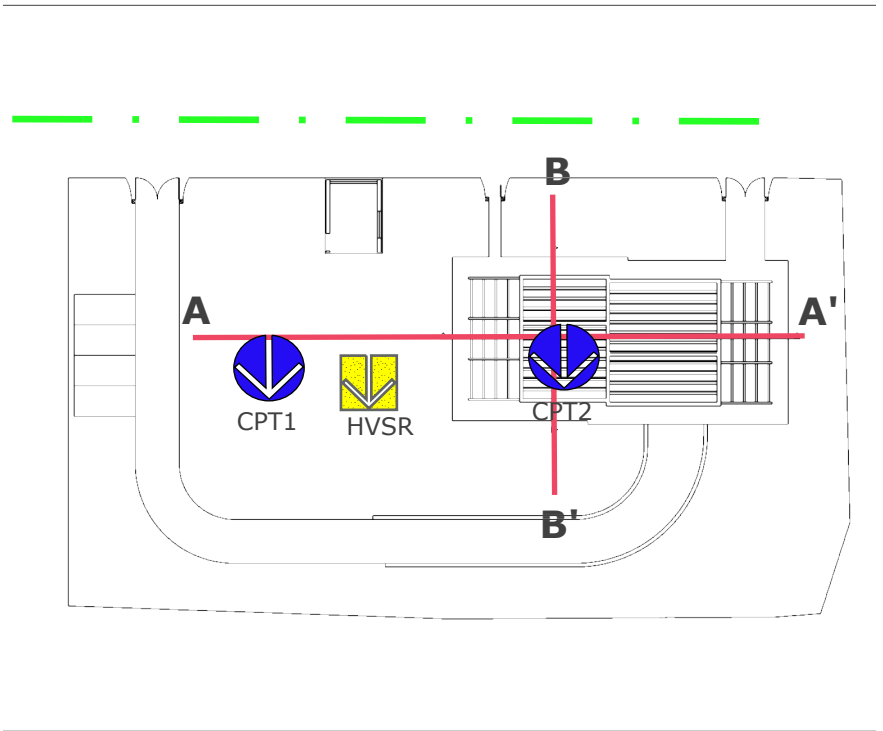
moderata P1= scivolamento inattivo, colamento inattivo frana complessa inattiva, D.G.P.V. inattiva o quiescente soliflusso.

media P2= scivolamento quiescente, colamento quiescente, frana complessa quiescente, D.G.P.V. attivo soliflusso.

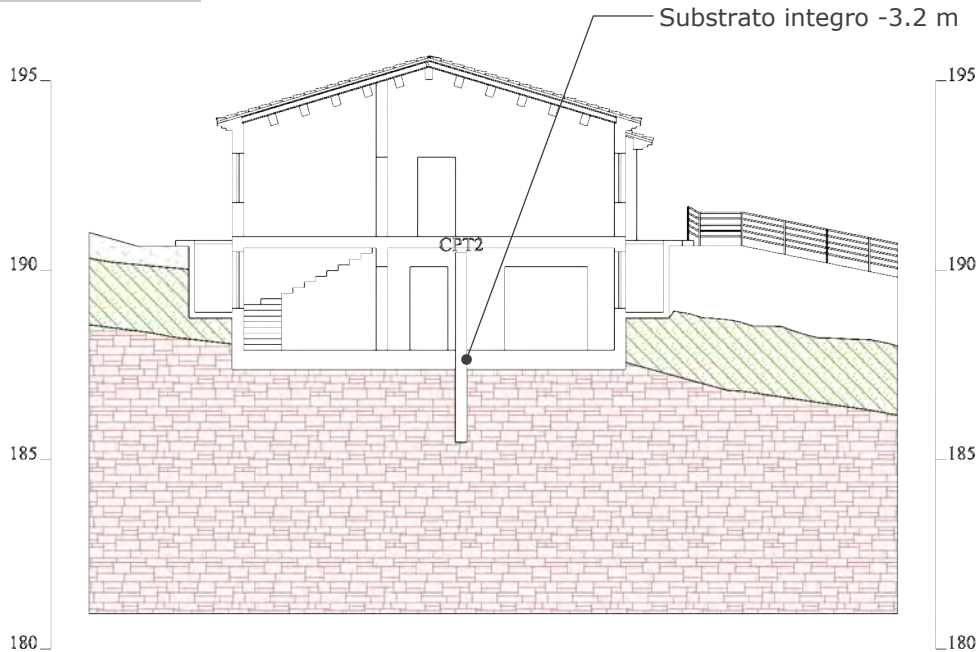
elevata P3= crollo quiescente, crollo inattivo, scivolamento attivo, colamento attivo, frana complessa attiva.

molto elevata P4= crollo attivo, debris flow mud flow

SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE



SEZIONE B - B'
SCALA 1:200



LEGENDA:

LITOLOGIA

- COPERTURE**
- Terreno riporto della pavimentazione stradale.
 - Argille plastiche grigie (colluvioni/riporto).
- SUBSTRATO**
- Argille stratificate colore grigio azzurro (Formazione delle Argille Azzurre).

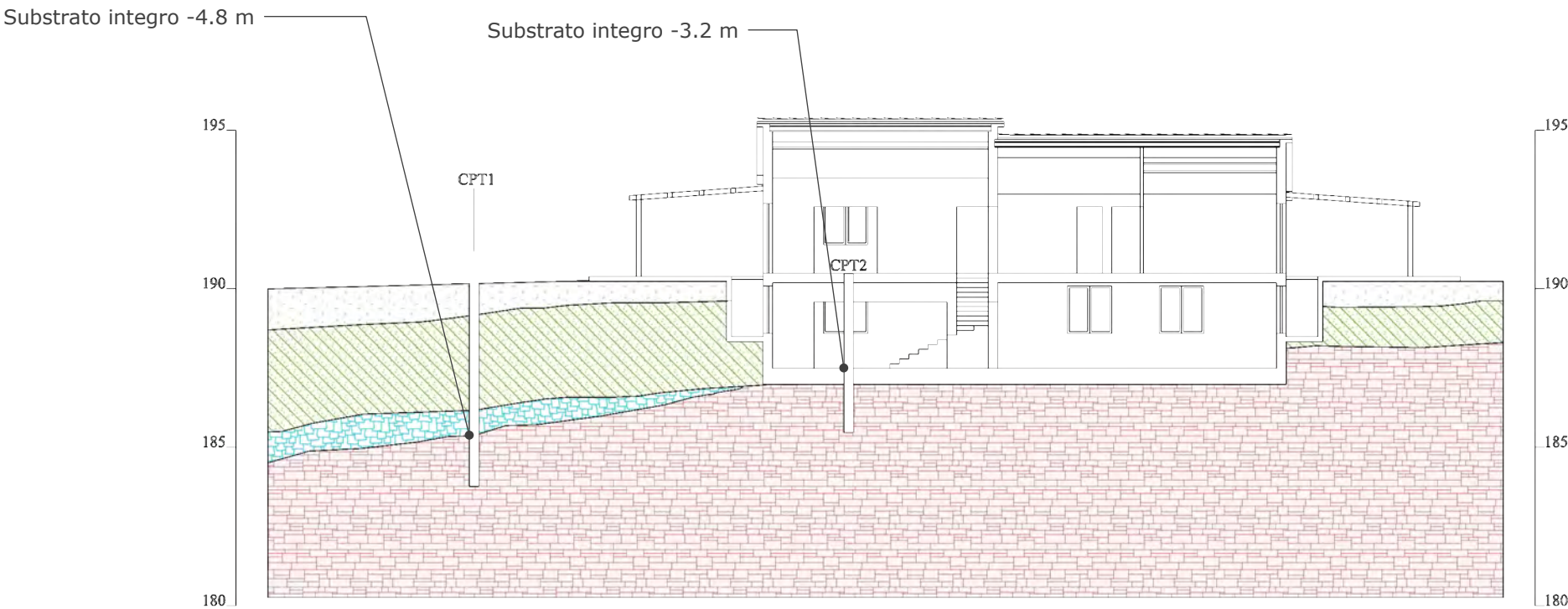
INDAGINI

- Prova penetrometrica statica CPT
- Prova sismica passiva HVSR
- Prova sismica attiva SASW

SIMBOLI

- Traccia di sezione

SEZIONE A - A'
SCALA 1:200



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Volpe Marco Cantiere: Frana Ancona Località: Ancona	
--	--

Caratteristiche Strumentali HYDRA 100

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
(CONE PENETRATION TEST)
CPT

PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / s } \pm 0,5 \text{ cm / s }$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica	\varnothing	= 35,7 mm
- area di punta	A_p	= 10 cm^2
- angolo di apertura del cono	α	= 60°
- superficie laterale del manicotto	A_m	= 150 cm^2

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

REGISTRAZIONE DATI.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta

- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo “**STATIC PROBING**” della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

$$\begin{aligned} A_p &= \text{l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann")} = 10 \text{ cm}^2 \\ A_m &= \text{area del manicotto di frizione} = 150 \text{ cm}^2 \\ C_t &= \text{costante di trasformazione} = 10 \end{aligned}$$

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Q_c (RP) = (LP \times C_t) / 10 \text{ cm}^2.$$

Resistenza alla punta

$$Ql (RL) (fs) = [(LT - LP) \times Ct] / 150 \text{ cm}^2. \quad \text{Resistenza laterale}$$

$Qc (RP) = \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } Ct / \text{Superficie Punta } Ap$

$Ql (RL) (fs) = \text{Lettura laterale } LT - \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } Ct / Am \text{ area del manicotto di frizione}$

N.B.

- $Ap = 10 \text{ cm}^2$ e $Am = 150 \text{ cm}^2$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

VALUTAZIONI STATISTICHE

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Medio

Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (+) s

Media (+) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (-) s

Media (-) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

CORRELAZIONI

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 (consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 (consigliato per CPT)

- Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)
- Robertson 1983-1986 (consigliato per CPTE)
- Begemann 1965 (consigliato per CPT)

Suddivisione delle metodologie di indagine con i Penetrometri statici

CPT (Cone Penetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)

CPTE (Cone Penetration Test Electric – punta elettrica)

CPTU (Piezocono)

Per quanto riguarda la PUNTA ELETTRICA generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato (anche 2 cm.) rispetto al PUNTA MECCANICA (20 cm.).

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione). Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere $U_1 - U_2 - U_3$ cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione (che è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione) può essere positiva o negativa e generalmente varia da (-1 a max. + 10-20 kg/cmq) ed è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione. Per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi :

Area punta del cono (area esterna punta)

Area interna punta del cono (area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto). Generalmente il rapporto tra le aree varia da (0,70 – 1,00).

Il Passo del penetrometro (l'intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm., per le punte elettriche-piezoconi può essere di 2 cm).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale f_s con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del I_c (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la Q_c media, la f_s media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

TERRENI INCOERENTI

Angolo di Attrito

Angolo di Attrito (Durgunoglu-Mitchell 1973-1975) – per sabbie N.C. e S.C. non cementate

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951) – per sabbie N.C. e S.C.

Angolo di Attrito Herminier

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Koppejan) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983) - per sabbie non cementare quarzose

Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

Densità relativa (%)

Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976) - per sabbie NC non cementate

Densità Relativa (Schmertmann)

Densità Relativa (Harman 1976)

Densità Relativa (Lancellotta 1983)

Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

Modulo di Young

Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978) Ey (25) – Ey(50) - modulo secante riferito rispettivamente al 25 % e 50 % del valore di rottura – prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) Ey (25) – Ey(50)- per sabbie NC Quarzose.

Modulo di Young (ISOPT-1 1988) Ey (50) - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

Modulo Edometrico

Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC

Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990)

Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie

Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

Peso di Volume

Peso di Volume (Meyerhof) -

Peso di Volume saturo (Meyerhof) -

Modulo di deformazione di taglio

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Potenziale di Liquefazione

Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT) – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat. – N.B. la liquefazione è assente per $F_s \geq 1,25$, possibile per $F_s = 1,0-1,25$ e molto probabile per $F_s < 1$

Fattori di compressibilità

Ramo di carico C (autori vari)

Ramo di carico medio Crm (autori vari)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977)

Modulo Di Reazione Ko

(Kulhawy Maine, 1990).

Correlazione NSPT

Meardi – Meigh 1972

Meyerhof

TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata

Coesione non drenata (Lunne & Eide)

Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari

Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di N_k (generalmente variabile da 11 a 25)

Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979)

Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale)

Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981)

Coesione non drenata (Kjekstad. 1978)

Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977)

Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Coesione non drenata (Begemann)

Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

Indice Di Compressione C

Indice di Compressione Vergine C_c (Schmertmann)

Indice di Compressione Vergine C_c (Schmertmann 1978)

Fattore di compressibilità ramo di carico C (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Fattore di compressibilità medio ramo di carico C_{rm} (Piacentini-Righi Inacos 1978).

Modulo Edometrico-Confinato

Mitchell - Gardnerr (1975) M_o (Eed) (Kg/cmq) per limi e argille.

Metodo generale del modulo edometrico.

Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici (W 90-130)

Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille copatte

Valore medio degli autori su suoli coesivi

Modulo di deformazione non drenato

Modulo di deformazione non drenato E_u (Cancelli ed altri 1980)

Modulo di deformazione non drenato E_u (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore n $30 < n < 1500$ sulla base di esperienze acquisite e del tipo litologico)

Peso di Volume

Peso di Volume terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Modulo di deformazione di taglio)

Imai & Tonouchi (1982)

OCR

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto

Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978

Coefficiente Di Consolidazione Verticale

Coefficiente di Consolidazione Cv (Piacentini-Righi, 1988)

Permeabilità

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988)

PROVA ...CPT1

Committente: Volpe Marco

Strumento utilizzato: HYDRA 100

Prova eseguita in data: 11/05/2018

Profondità prova: 6.40 mt

Località: Ancona

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.067	0.0	
0.40	1.60	2.6	1.6	0.12	13.333	7.5
0.60	2.00	3.8	2.0	0.187	10.695	9.4
0.80	2.10	4.9	2.1	0.207	10.145	9.9
1.00	1.40	4.5	1.4	0.18	7.778	12.9
1.20	1.00	3.7	1.0	0.139	7.194	13.9
1.40	1.10	3.2	1.1	0.147	7.483	13.4
1.60	1.10	3.3	1.1	0.127	8.661	11.5
1.80	0.90	2.8	0.9	0.131	6.87	14.6
2.00	1.20	3.2	1.2	0.101	11.881	8.4
2.20	1.04	2.6	1.04	0.1	10.4	9.6
2.40	1.40	2.9	1.4	0.113	12.389	8.1
2.60	1.20	2.9	1.2	0.107	11.215	8.9
2.80	1.20	2.8	1.2	0.133	9.023	11.1
3.00	2.00	4.0	2.0	0.106	18.868	5.3
3.20	1.60	3.2	1.6	0.097	16.495	6.1
3.40	1.80	3.3	1.8	0.069	26.087	3.8
3.60	2.00	3.0	2.0	0.097	20.619	4.9
3.80	2.40	3.9	2.4	0.081	29.63	3.4
4.00	3.68	4.9	3.68	0.12	30.667	3.3
4.20	3.80	5.6	3.8	0.112	33.929	2.9
4.40	3.98	5.7	3.98	0.11	36.182	2.8
4.60	4.15	5.8	4.15	0.12	34.583	2.9
4.80	4.20	6.0	4.2	0.187	22.46	4.5
5.00	4.60	7.4	4.6	0.14	32.857	3.0
5.20	4.00	6.1	4.0	0.133	30.075	3.3
5.40	4.00	6.0	4.0	0.12	33.333	3.0
5.60	4.00	5.8	4.0	0.147	27.211	3.7
5.80	4.30	6.5	4.3	0.173	24.855	4.0
6.00	4.70	7.3	4.7	0.173	27.168	3.7
6.20	5.00	7.6	5.0	0.18	27.778	3.6
6.40	5.10	7.8	5.1	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.00	1.42	0.152	15.3	Coesivo	Terreno di riporto
4.00	1.575	0.111	18.8	Coesivo	Depositi eluvio- colluviali

4.80	4.033	0.132	20.5	Coesivo	Coesivo	Substrato alterato Substrato integro (Formazione delle Argille Azzurre)
6.40	4.463	0.133	20.7			

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimenta le	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1.00	1.42	0.152	80.89	99.66	94.16	83.08	74.33	70.61
Strato 2	4.00	1.575	0.111	87.71	106.29	102.10	90.09	80.61	78.45
Strato 3	4.80	4.033	0.132	226.41	217.58	263.54	232.54	208.06	202.02
Strato 4	6.40	4.463	0.133	249.62	231.50	290.56	256.37	229.39	223.59

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	1.00	1.42	0.152	7.10	4.75	8.52	4.26
Strato 2	4.00	1.575	0.111	7.88	4.71	9.45	4.72
Strato 3	4.80	4.033	0.132	10.08	8.07	12.10	12.10
Strato 4	6.40	4.463	0.133	11.16	8.93	13.39	6.69

Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1.00	1.42	0.152	52.96	2.12
Strato 2	4.00	1.575	0.111	57.43	2.35
Strato 3	4.80	4.033	0.132	148.24	6.06
Strato 4	6.40	4.463	0.133	163.44	6.71

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1.00	1.42	0.152	Imai & Tomauchi	14.06
Strato 2	4.00	1.575	0.111	Imai & Tomauchi	14.98
Strato 3	4.80	4.033	0.132	Imai & Tomauchi	26.60
Strato 4	6.40	4.463	0.133	Imai & Tomauchi	28.30

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History
Strato 1	1.00	1.42	0.152	4.32
Strato 2	4.00	1.575	0.111	0.84
Strato 3	4.80	4.033	0.132	1.17
Strato 4	6.40	4.463	0.133	0.99

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1.00	1.42	0.152	Meyerhof	18.81
Strato 2	4.00	1.575	0.111	Meyerhof	18.94
Strato 3	4.80	4.033	0.132	Meyerhof	20.50
Strato 4	6.40	4.463	0.133	Meyerhof	20.66

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.00	1.42	0.152	Meyerhof	19.59
Strato 2	4.00	1.575	0.111	Meyerhof	19.73
Strato 3	4.80	4.033	0.132	Meyerhof	21.29
Strato 4	6.40	4.463	0.133	Meyerhof	21.45

PROVA ...CPT2

Committente: Volpe Marco

Strumento utilizzato: HYDRA 100

Prova eseguita in data: 11/05/2018

Profondità prova: 5.00 mt

Località: Ancona

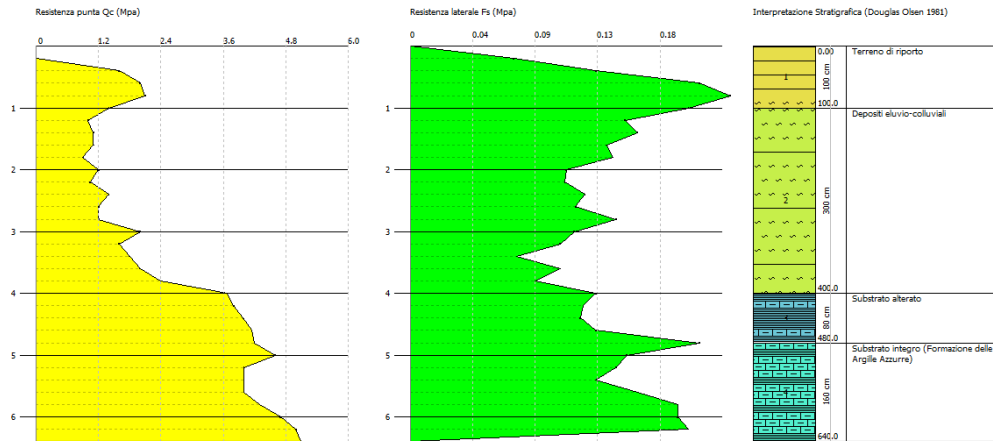
Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.067	0.0	
0.40	0.70	1.7	0.7	0.067	10.448	9.6
0.60	0.90	1.9	0.9	0.104	8.654	11.6
0.80	0.98	2.5	0.98	0.107	9.159	10.9
1.00	1.20	2.8	1.2	0.1	12.0	8.3
1.20	1.20	2.7	1.2	0.113	10.619	9.4
1.40	1.00	2.7	1.0	0.119	8.403	11.9
1.60	1.10	2.9	1.1	0.099	11.111	9.0
1.80	1.40	2.9	1.4	0.1	14.0	7.1
2.00	1.40	2.9	1.4	0.088	15.909	6.3
2.20	1.38	2.7	1.38	0.087	15.862	6.3
2.40	1.30	2.6	1.3	0.053	24.528	4.1
2.60	2.60	3.4	2.6	0.127	20.472	4.9
2.80	2.90	4.8	2.9	0.113	25.664	3.9
3.00	3.10	4.8	3.1	0.113	27.434	3.6
3.20	3.90	5.6	3.9	0.173	22.543	4.4
3.40	5.30	7.9	5.3	0.167	31.737	3.2
3.60	5.40	7.9	5.4	0.16	33.75	3.0
3.80	6.40	8.8	6.4	0.22	29.091	3.4
4.00	5.10	8.4	5.1	0.18	28.333	3.5
4.20	5.40	8.1	5.4	0.193	27.979	3.6
4.40	5.60	8.5	5.6	0.161	34.783	2.9
4.60	7.79	10.2	7.79	0.233	33.433	3.0
4.80	6.30	9.8	6.3	0.227	27.753	3.6
5.00	5.50	8.9	5.5	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	0.645	0.086	18.3	Coesivo	Terreno di riporto
3.20	1.873	0.107	19.1	Coesivo	Depositi eluvio- colluviali
5.00	5.866	0.171	21.1	Coesivo	Substrato integro (Formazione delle Argille Azzurre)

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato HYDRA 100

Committente: Volpe Marco
Cantiere: Frana Ancona
Località: Ancona

Data: 11/05/2018



Scala profondità 1:100 - Q_c : 1 cm=1.19 Mpa - F_s : 1 cm=0.04 Mpa -

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT2

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata (KPa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimenta le	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0.80	0.645	0.086	36.52	49.10	42.51	37.51	33.56	32.36
Strato 2	3.20	1.873	0.107	105.12	123.47	122.36	107.97	96.60	93.16
Strato 3	5.00	5.866	0.171	331.42	275.91	385.77	340.38	304.55	293.22

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	0.80	0.645	0.086	5.16	3.31	9.67	1.93
Strato 2	3.20	1.873	0.107	9.37	4.31	11.24	5.62
Strato 3	5.00	5.866	0.171	14.66	11.73	17.60	8.80

Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0.80	0.645	0.086	23.91	0.97
Strato 2	3.20	1.873	0.107	68.83	2.79
Strato 3	5.00	5.866	0.171	216.99	8.80

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	0.80	0.645	0.086	Imai & Tomauchi	8.68
Strato 2	3.20	1.873	0.107	Imai & Tomauchi	16.65
Strato 3	5.00	5.866	0.171	Imai & Tomauchi	33.44

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History
Strato 1	0.80	0.645	0.086	2.05
Strato 2	3.20	1.873	0.107	1.16
Strato 3	5.00	5.866	0.171	1.72

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	0.80	0.645	0.086	Meyerhof	17.50
Strato 2	3.20	1.873	0.107	Meyerhof	19.24
Strato 3	5.00	5.866	0.171	Meyerhof	21.13

Peso unità di volume saturo

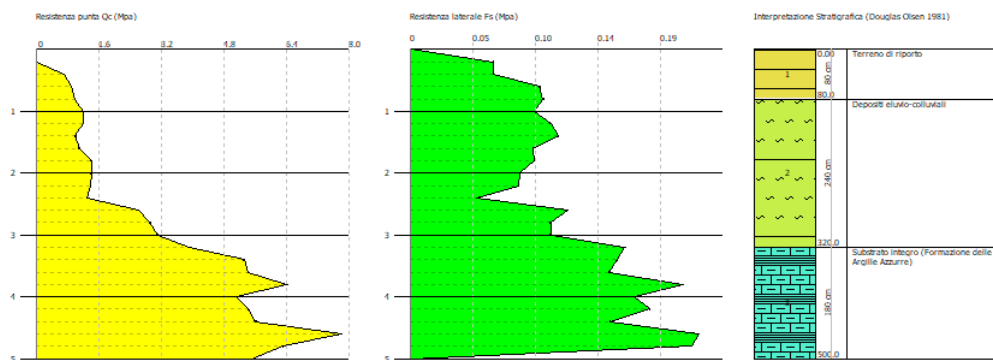
	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	0.80	0.645	0.086	Meyerhof	18.28
Strato 2	3.20	1.873	0.107	Meyerhof	20.02
Strato 3	5.00	5.866	0.171	Meyerhof	21.92



Probe CPT - Cone Penetration CPT2
Strumento utilizzato HYDRA 100

Committente: Volpe Marco
Cantiere: Frana Ancona
Località: Ancona

Data: 11/05/2018



Scala profondità 1:100 - Q_c : 1 cm=1.58 Mpa - F_s : 1 cm=0.05 Mpa -

Indice

1.PROVA ...CPT1	8
1.1.Coesione non drenata (KPa)	9
1.2.Modulo Edometrico (Mpa)	9
1.3.Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)	9
1.4.Modulo di deformazione a taglio	9
1.5.Grado di sovraconsolidazione	10
1.6.Peso unità di volume	10
1.7.Peso unità di volume saturo	10
2.PROVA ...CPT2	10
2.1.Coesione non drenata (KPa)	11
2.2.Modulo Edometrico (Mpa)	11
2.3.Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)	11
2.4.Modulo di deformazione a taglio	11
2.5.Grado di sovraconsolidazione	11
2.6.Peso unità di volume	11
2.7.Peso unità di volume saturo	12
Indice	13

ANCONA, VIA DEL GOLFO VOLPI M.

Strumento: TEP-0068/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 11/05/18 12:20:06 Fine registrazione: 11/05/18 12:40:07

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 013°28.8046 E, 43°35.6389 N (183.5 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

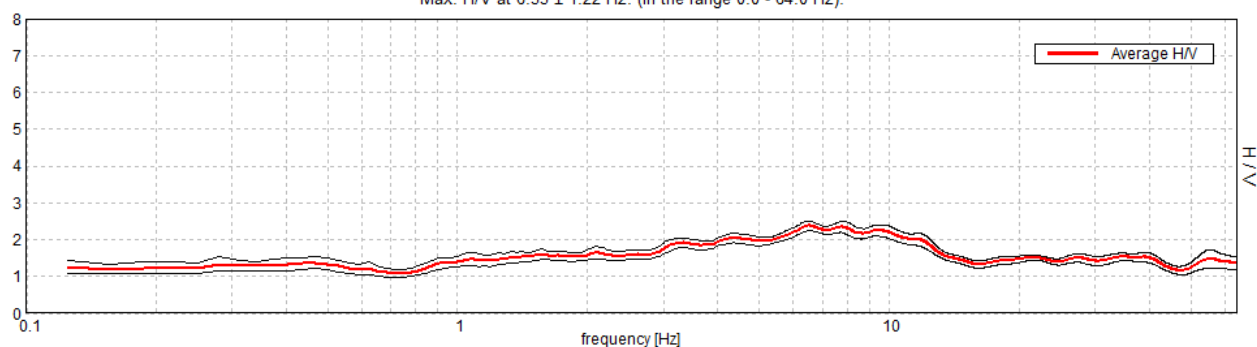
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

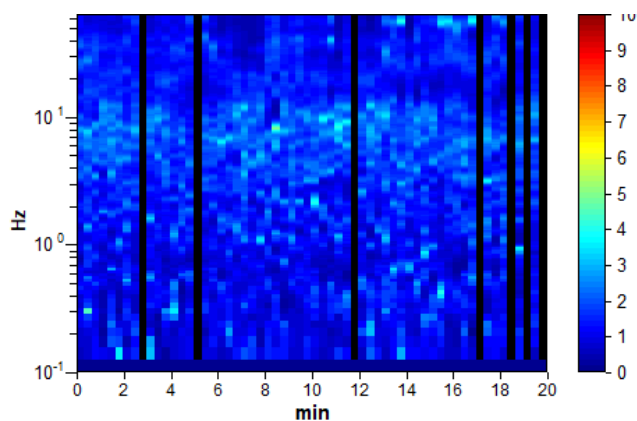
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

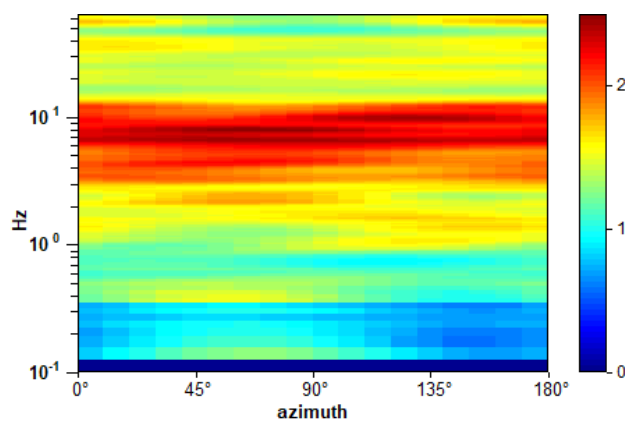
Max. H/V at 6.53 ± 1.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



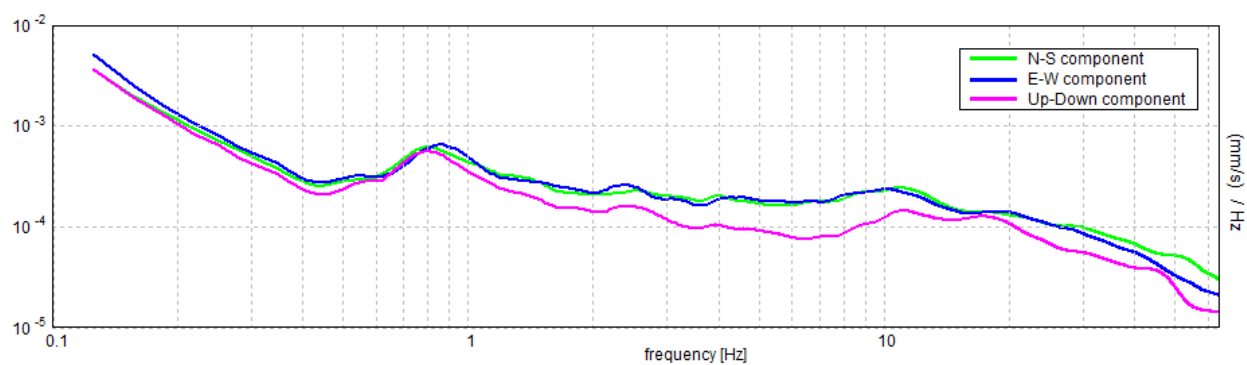
SERIE TEMPORALE H/V



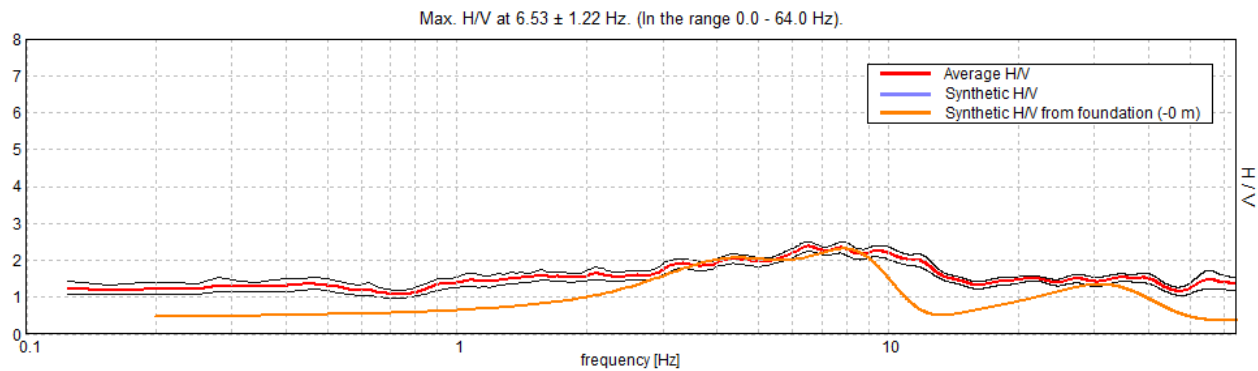
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

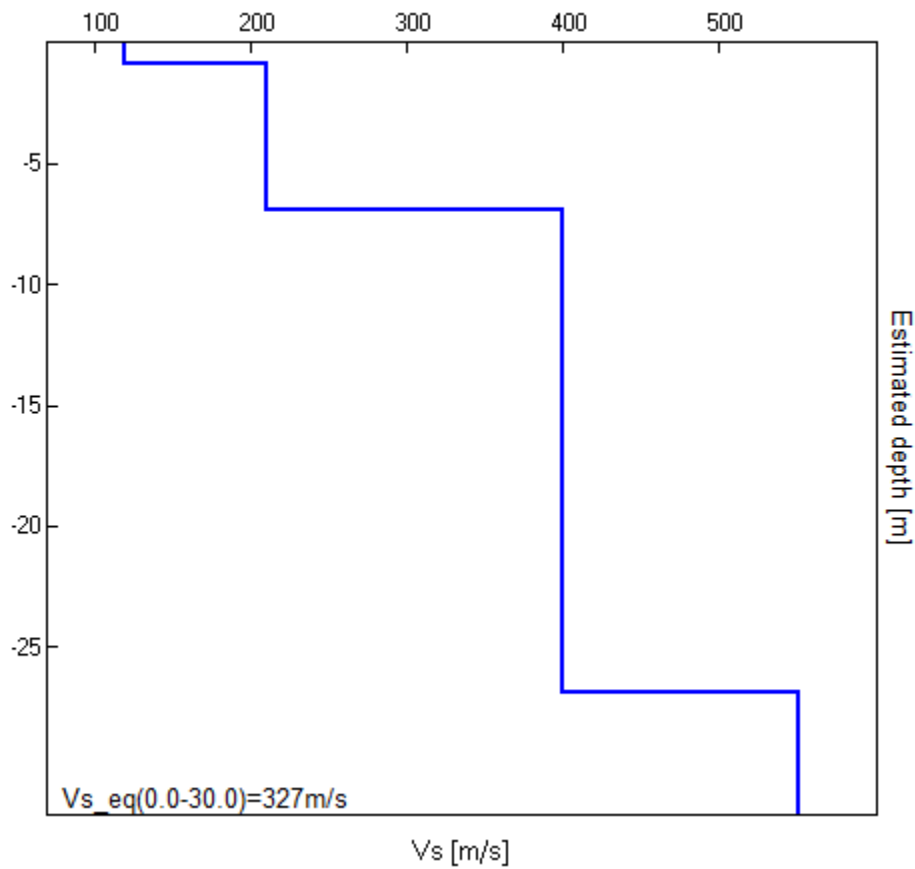


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.90	0.90	120	0.42
6.90	6.00	210	0.42
26.90	20.00	400	0.40
inf.	inf.	550	0.38

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=327\text{m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 6.53 ± 1.22 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6923.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 314	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.38 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18698 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.2212 < 0.32656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.132 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

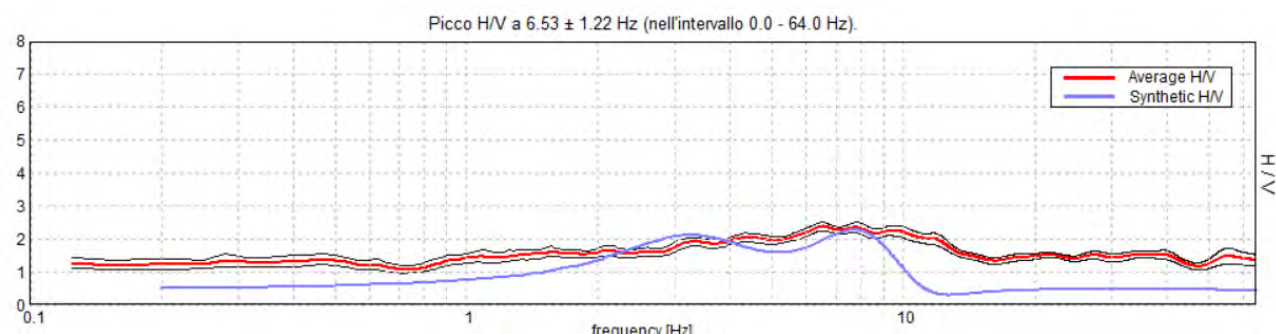
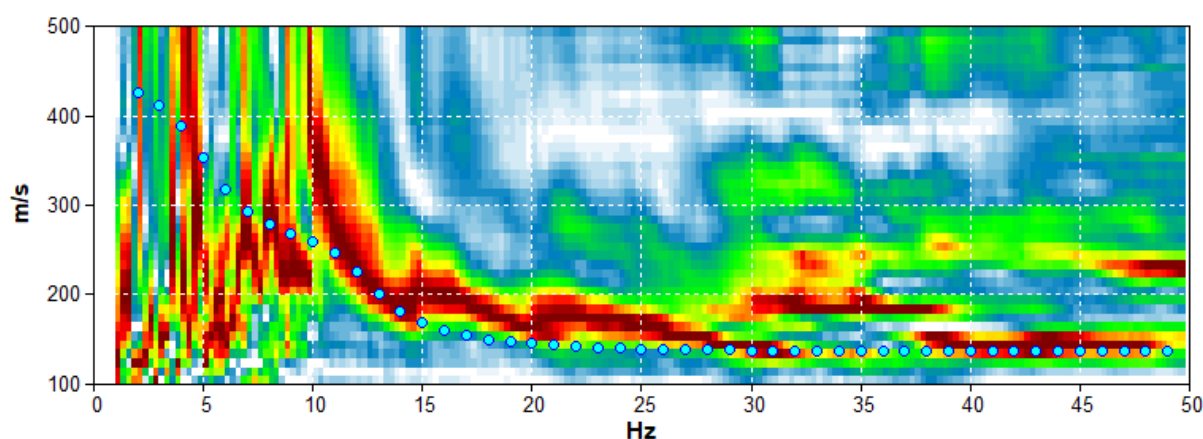
ANCONA, VIA DEL GOLFO VOLPI M.

Inizio registrazione: 11/05/18 12:20:06 Fine registrazione: 11/05/18 12:40:07
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

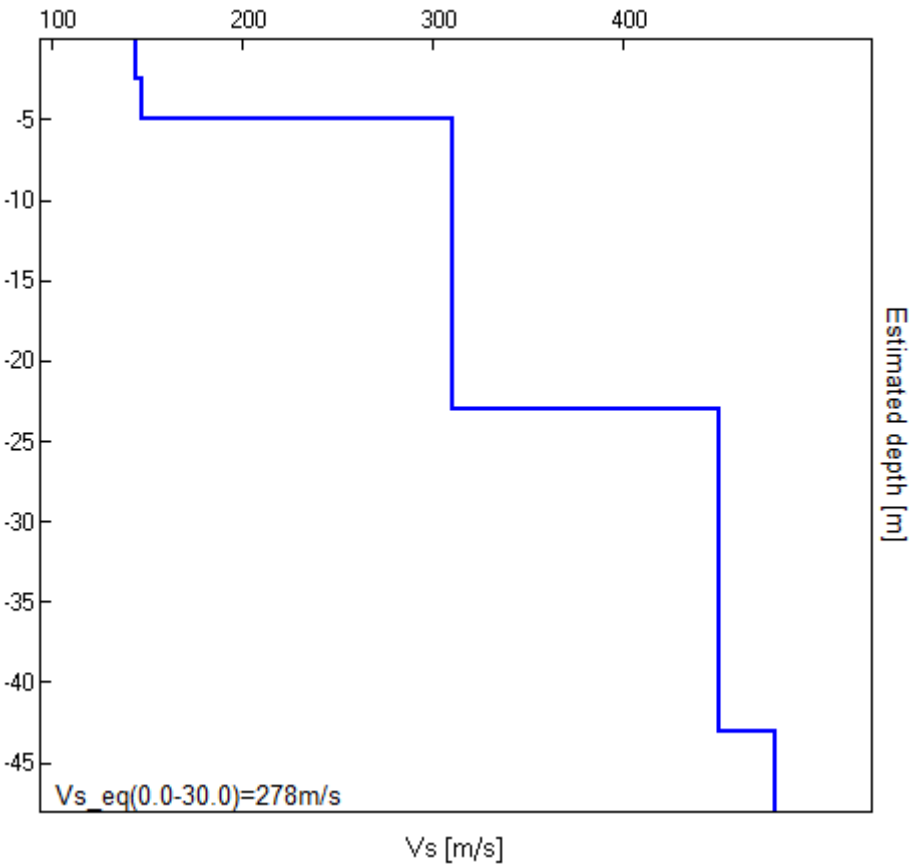
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	144	0.42
5.00	2.50	147	0.42
23.00	18.00	310	0.40
43.00	20.00	450	0.40
inf.	inf.	480	0.35

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=278\text{m/s}$



INVERSIONE

Stima del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) a partire dai valori osservati dalle misure di campagna - Curva di dispersione e/o curva HVSR

La procedura prevede la ricostruzione dell'andamento delle velocità delle onde VS all'interno del sito in esame. Tale ricostruzione è necessaria per la determinazione della Risposta Sismica Locale. In particolare mediante la procedura di inversione si vuole individuare l'interfaccia del Substrato sismico cioè dove la velocità delle onde sismiche di taglio divengono maggiori di Vs>800m/s.

A tal scopo viene utilizzata la curva di dispersione e la curva HVSR ottenute mediante le seguenti prove:

SUPERFICIE	curva di dispersione	SASW	STAZIONE SINGOLA
PROFONDITA'	curva HVSR	TROMOGRAFO	STAZIONE SINGOLA

VINCOLO DI RIUSCITA

La buona riuscita della procedura consiste nel minimizzare la funzione di misfit (M) che si ottiene nell'elaborazione congiunta delle curve sopra citate. In particolare dall'analisi che viene eseguita mediante la correlazione della dispersione in superficie e dell'H/V in profondità, si deve ottenere un misfit con valori accettabili, possibilmente <100.

$$M = \sum_{i=1}^N (d_i - f_i)^2$$

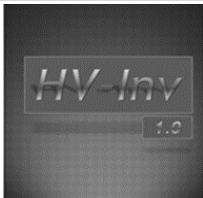
a sommatoria degli scarti quadratici tra i valori sperimentali (di) e quelli teorici (fi) calcolati dalla modellazione diretta del processo fisico sotto studio (ovvero le leggi che mettono in relazione la propagazione delle onde S nel sottosuolo e i risultati delle misure di vibrazioni ambientali). Risulta quindi evidente che la modellazione diretta è una parte fondamentale della procedura di inversione.

Viste le incertezze del risultato a causa della procedura non lineare, con soluzioni non univoche si seguono le seguenti strategie:

- 1 aumentare le informazioni disponibili:
- 2 aggiungendo in formazioni a priori riguardanti altri parametri del modello (valori di Vp, densità,)
- 3 aggiungere limitazioni alle soluzioni possibili:
- 4 vincolando tra un valore minimo e uno massimo i parametri del modello adottando restrizioni al trend complessivo della soluzione (es costringendo i valori Vs ad aumentare con la profondità)

CODICI DI CALCOLO

HV-INV 2.4



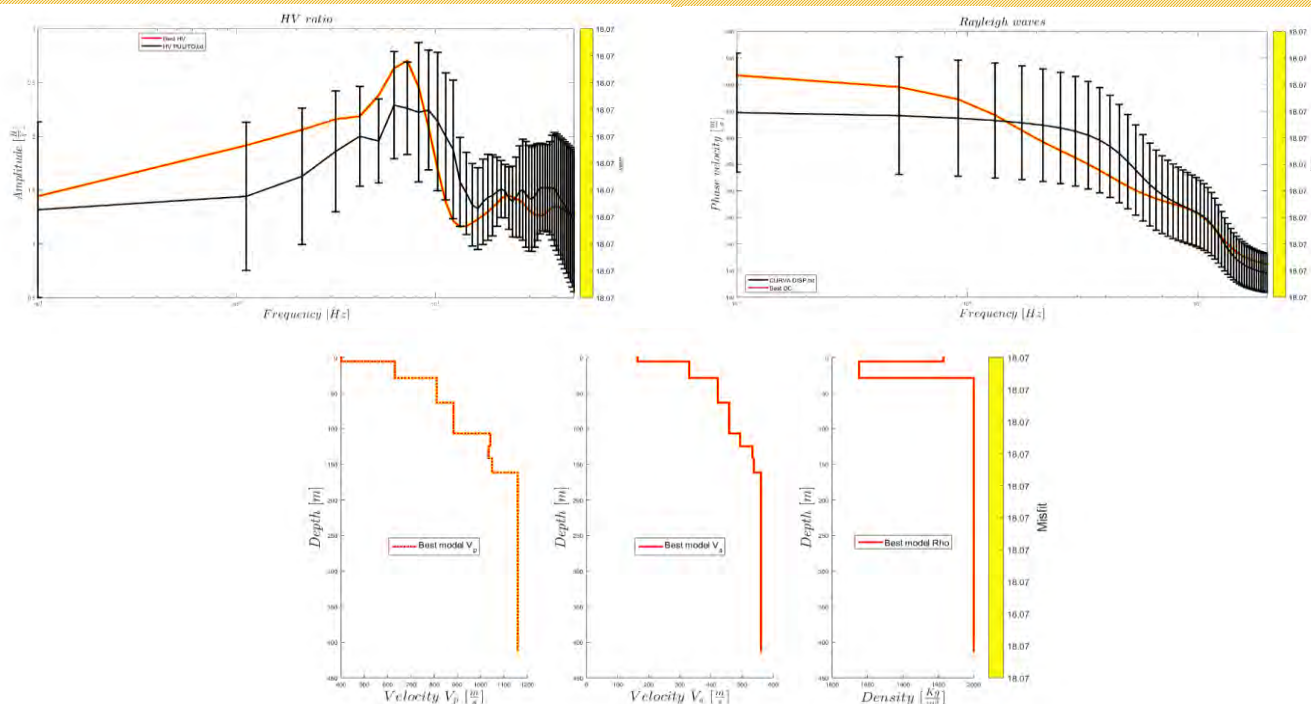
La modellazione è stata eseguita mediante il software free HV-INV e si basa sull'apporto di tutte le fasi sismiche (campo completo: onde di volume e onde superficiali) seguendo la teoria del Campo Diffuso (Sanchez-Sesma et al. 2011). Sono presenti metodologie di inversione globali (Monte-Carlo, Simulated Annealing, Modified Simulated Annealing) e locali (Simplex Downhill, Interior-Point). In particolare il software HV-INV riproduce la curva HVSR tenendo conto sia delle onde di volume sia delle onde superficiali, compresi i loro modi superiori. Questo permette in linea teorica una maggiore facilità nella riproduzione dell'ampiezza del picco e dell'andamento complessivo della curva. Per quanto riguarda la curva di dispersione, la modellazione diretta si basa sull'apporto del modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

INVERSIONE CONGIUNTA vincoli di analisi

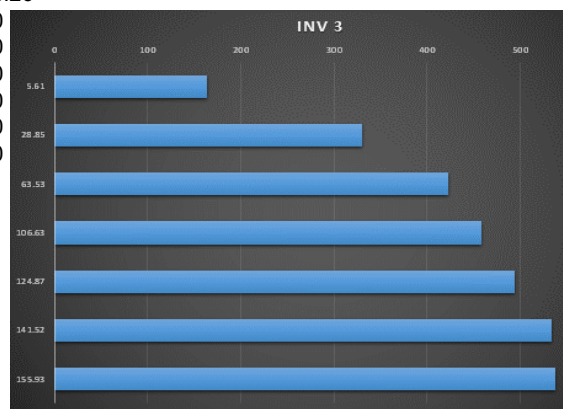
thickness	minimo	-max	[m]	Vp	minimo	-max	m/s	Vs	minimo	-max	m/s	Density	Kg/mc	Poasson
	1.00	10.00			400.00	6000.00			163.30	200.00		1700.00	2000.00	- 0.25 0.4
	10.00	40.00			400.00	6000.00			200.00	3400.00		1800.00	2000.00	- 0.25 0.4
	10.00	50.00			400.00	6000.00			200.00	3400.00		2000.00	2000.00	- 0.25 0.4
	10.00	50.00			400.00	6000.00			200.00	3400.00		2000.00	2000.00	- 0.25 0.4
	10.00	50.00			400.00	6000.00			200.00	3400.00		2000.00	2000.00	- 0.25 0.4
	10.00	50.00			400.00	6000.00			200.00	3400.00		2000.00	2000.00	- 0.25 0.4
	10.00	50.00			400.00	6000.00			200.00	3400.00		2000.00	2000.00	- 0.25 0.4
	0				400.00	6000.00			200.00	3400.00		2000.00	2000.00	- 0.25 0.4

RISULTATI

A seguito di n.3 inversioni eseguite, si riporta il risultato migliore ottenuto.



spessore m	profondità	Vs m/s	Density [kg/m3]
5.61	5.61	163.9	1957.03
23.24	28.85	329.9	1838.26
34.68	63.53	421.9	2000
43.1	106.63	458.3	2000
18.24	124.87	493.2	2000
16.65	141.52	532.9	2000
20.02	155.93	537.7	2000
0		560.6	2000



COLONNINA

Profondità	Vs m/s	Tipo
0-5	250	ML depositi eluvio colluviali
5 -23	259	SFALS substrato molto alterato
23 -118	668	SFALS substrato arenaceo alterato
118 - 154	670	SFCOS substrato argilloso alterato
154 - 254	800	COS substrato argilloso integro
>254	800	COS substrato sismico

--	--

Realizzazione fabbricato



Data: giugno 2018

Il committente Sig. VOLPE MARCO

IL Tecnico

Il Progettista

Pericolosità sismica di base

INTRODUZIONE

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa delle variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

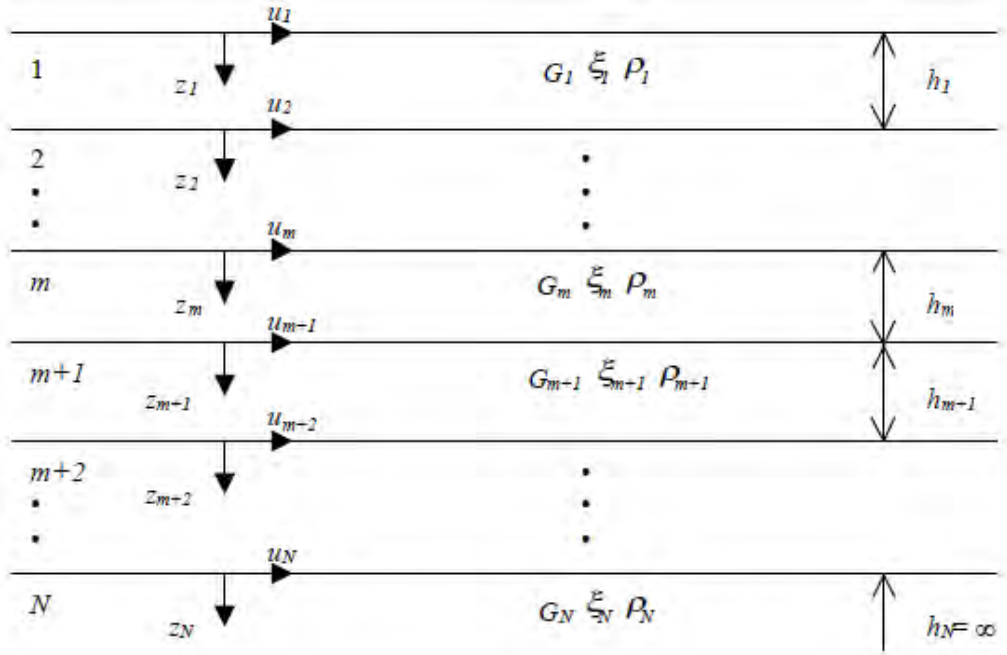


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$u(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

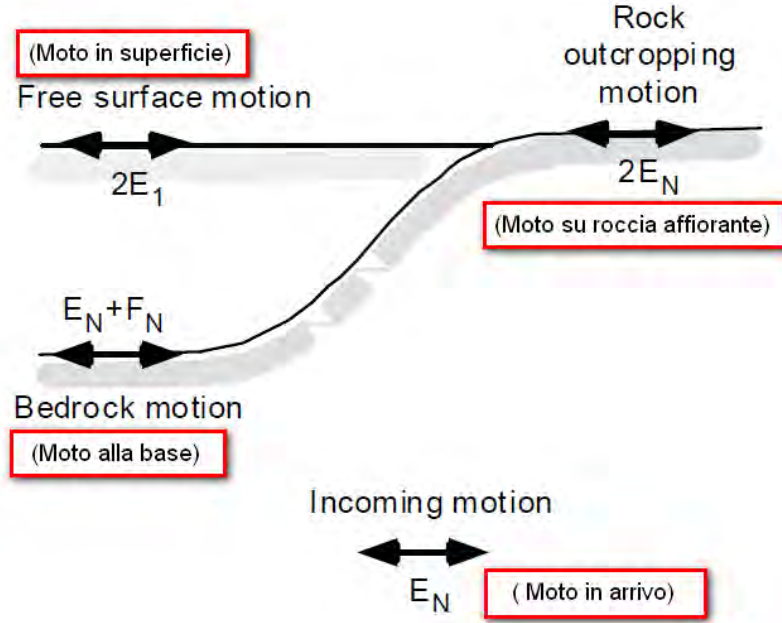


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

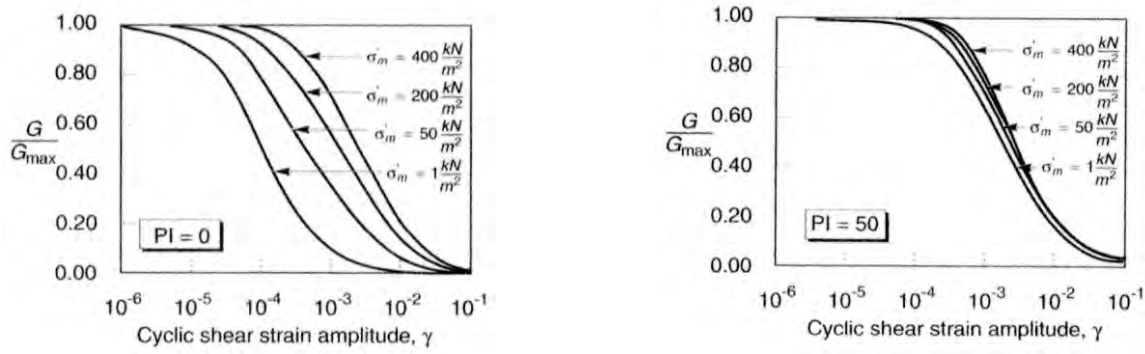


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

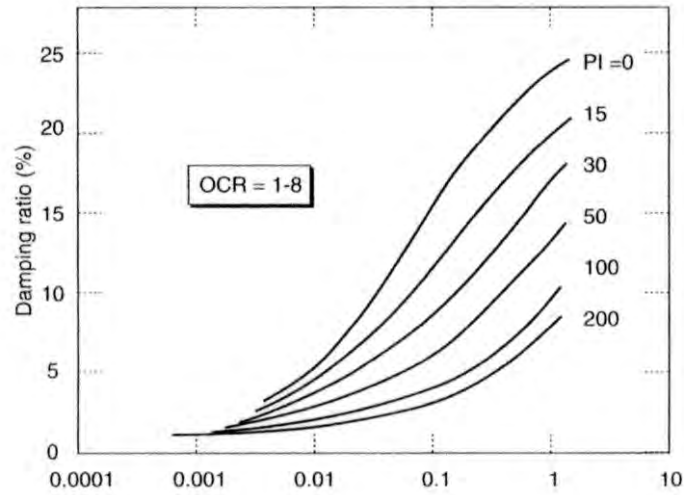


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

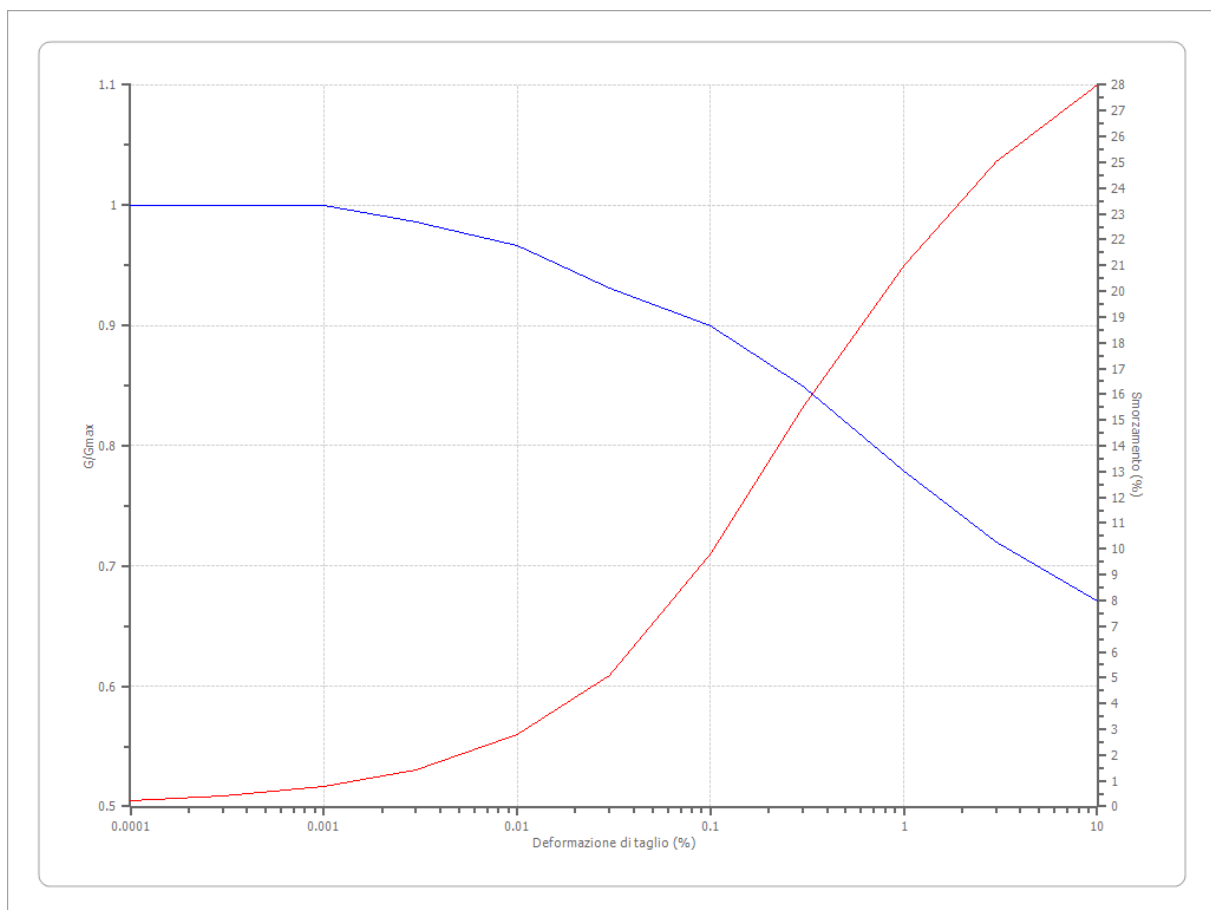
Dati generali

Descrizione	Realizzazione fabbricato
Committente	Sig. VOLPE MARCO
Cantiere	Via del Golfo
Operatore della prova	Geol. GUBINELLI
Responsabile della prova	Geol. GUBINELLI
Data della prova	d.C./08/2017
Via	Clementina
Latitudine	43.5945625[°]
Longitudine	13.4800816[°]

Terreni

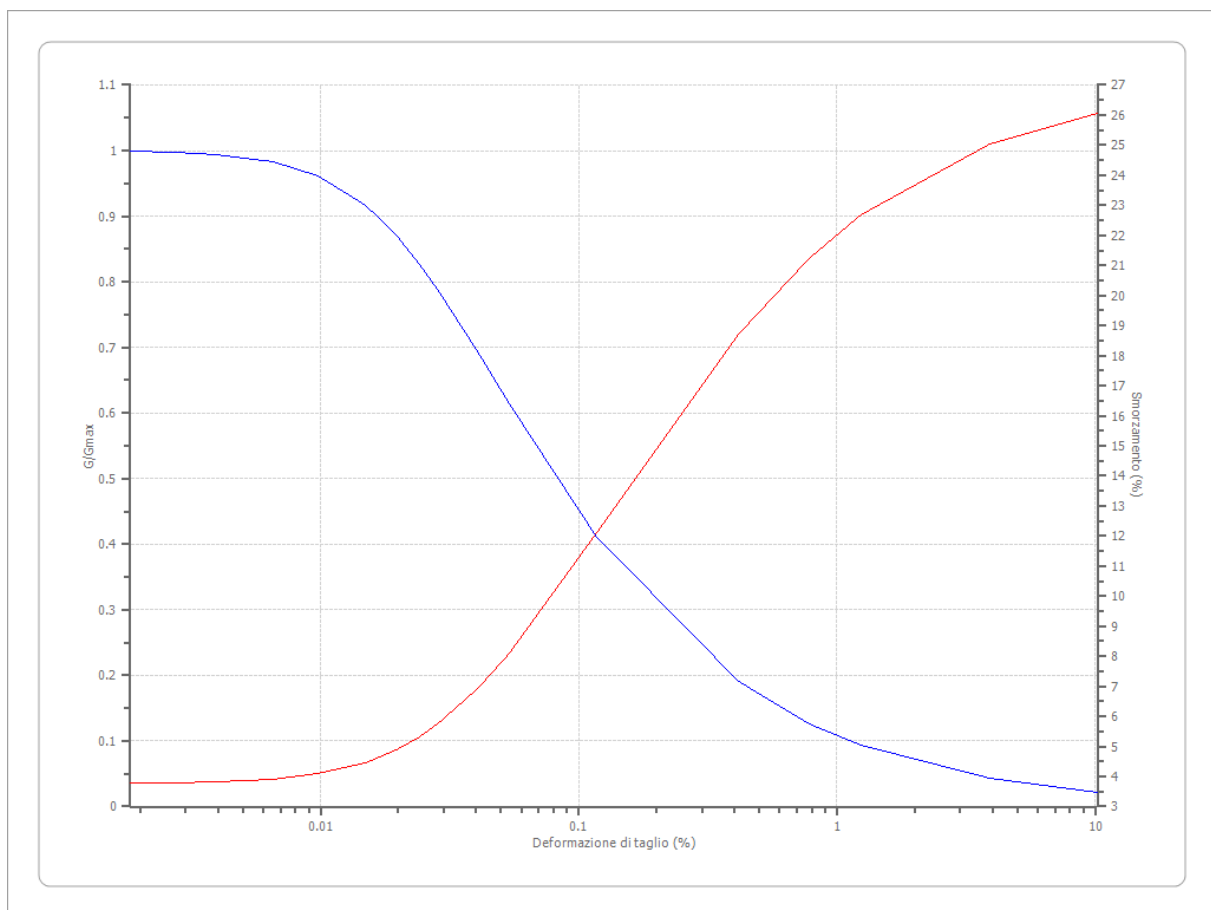
Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



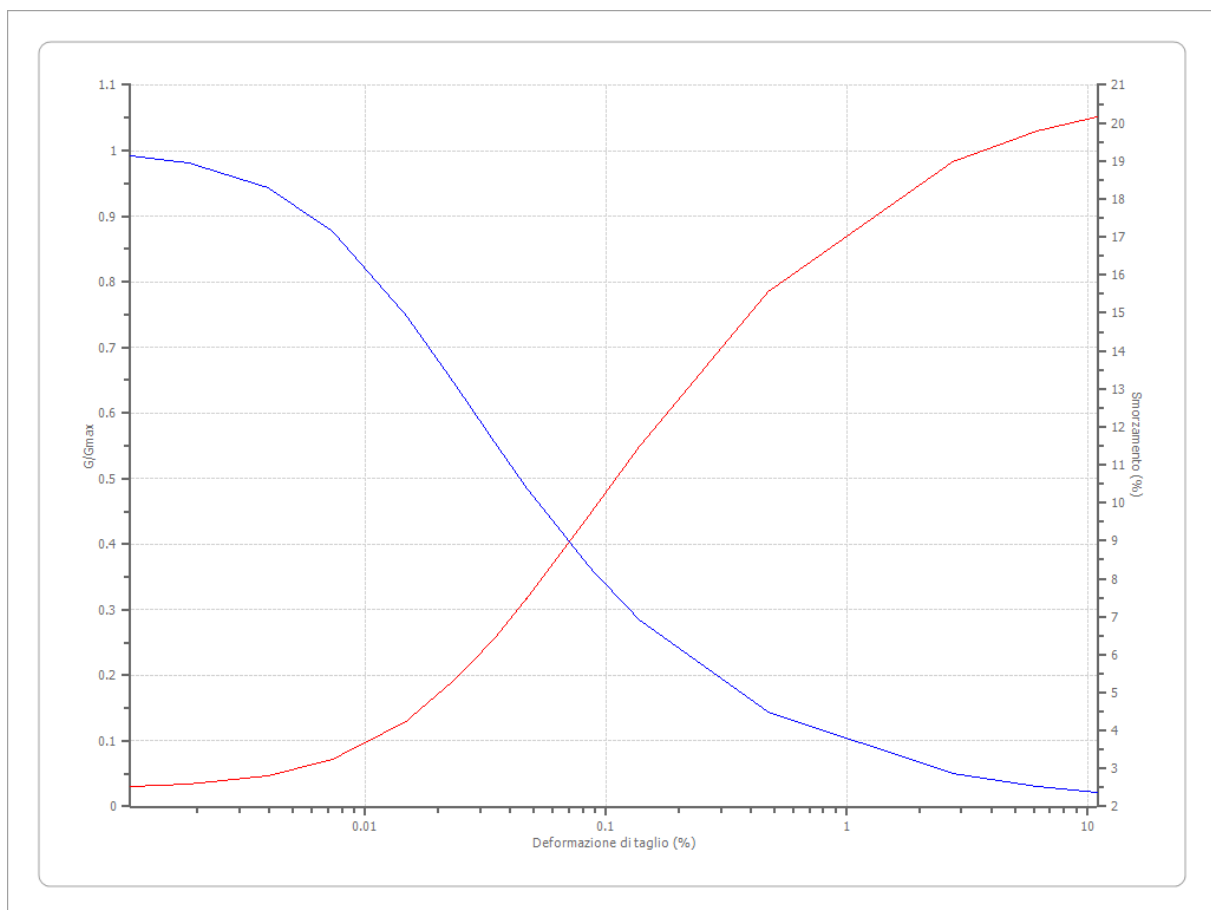
Curva n.4 Terremoto Marche 2016

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.001832	0.998874	0.001832	3.793251
0.002677	0.99743	0.002677	3.804074
0.00392	0.994148	0.00392	3.828799
0.006538	0.982757	0.006538	3.915872
0.009753	0.961458	0.009753	4.084018
0.01494	0.916099	0.01494	4.466574
0.019611	0.8707	0.019611	4.885333
0.024157	0.826962	0.024157	5.325873
0.028723	0.785542	0.028723	5.77963
0.040609	0.693163	0.040609	6.935803
0.053473	0.615864	0.053473	8.07913
0.116564	0.412364	0.116564	12.07327
0.415833	0.190553	0.415833	18.70607
0.779738	0.12678	0.779738	21.21559
1.23808	0.093413	1.23808	22.66002
3.911709	0.043153	3.911709	25.0235
10.20671	0.0225	10.20671	26.06478



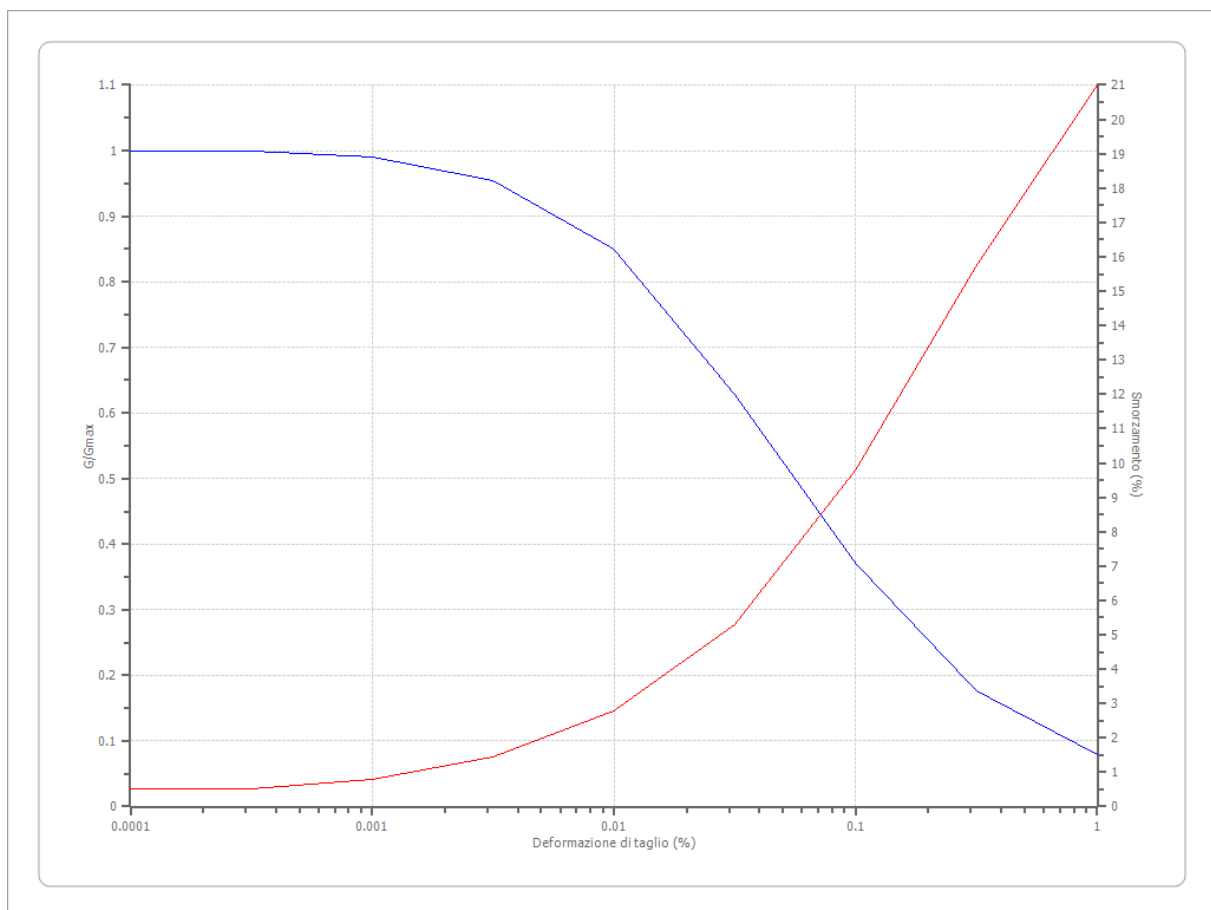
Curva n.6 Terremoto Marche 2016

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.001057	0.992191	0.001057	2.528715
0.001843	0.9816	0.001843	2.586684
0.003939	0.944256	0.003939	2.801886
0.007316	0.876728	0.007316	3.237503
0.014769	0.749131	0.014769	4.254001
0.023686	0.642525	0.023686	5.344119
0.034303	0.556301	0.034303	6.427055
0.04673	0.4867	0.04673	7.459308
0.086102	0.363349	0.086102	9.71268
0.137763	0.284747	0.137763	11.49188
0.472443	0.143213	0.472443	15.5572
2.759657	0.0504	2.759657	18.97541
6.180209	0.030958	6.180209	19.78157
11.00517	0.021799	11.00517	20.17312



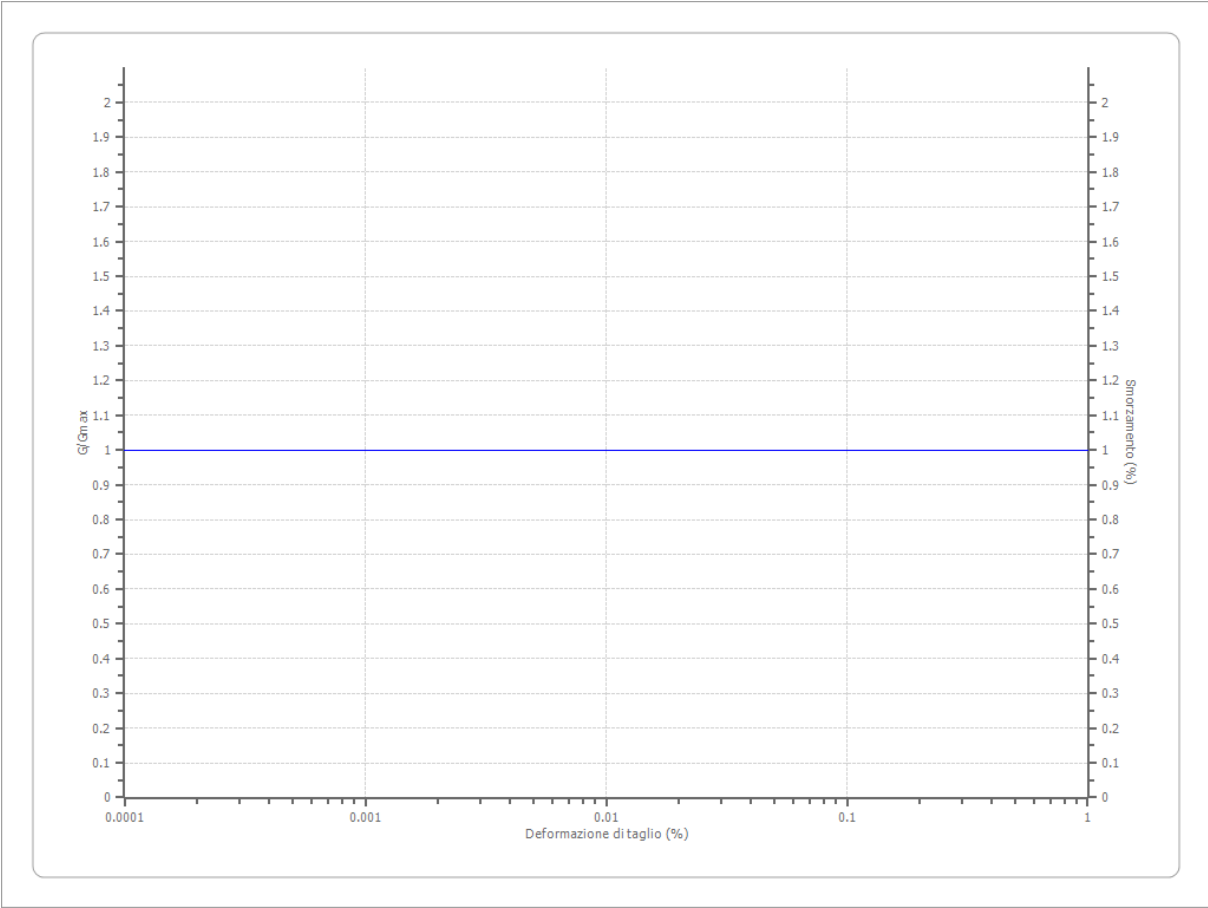
Idriss e sand 1990 Terremoto 2016

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.000316	1.000	0.000316	0.500
0.001	0.990	0.001	0.800
0.00316	0.955	0.00316	1.460
0.010	0.850	0.010	2.800
0.0316	0.628	0.0316	5.310
0.100	0.370	0.100	9.800
0.316	0.176	0.316	15.740
1.000	0.080	1.000	21.000



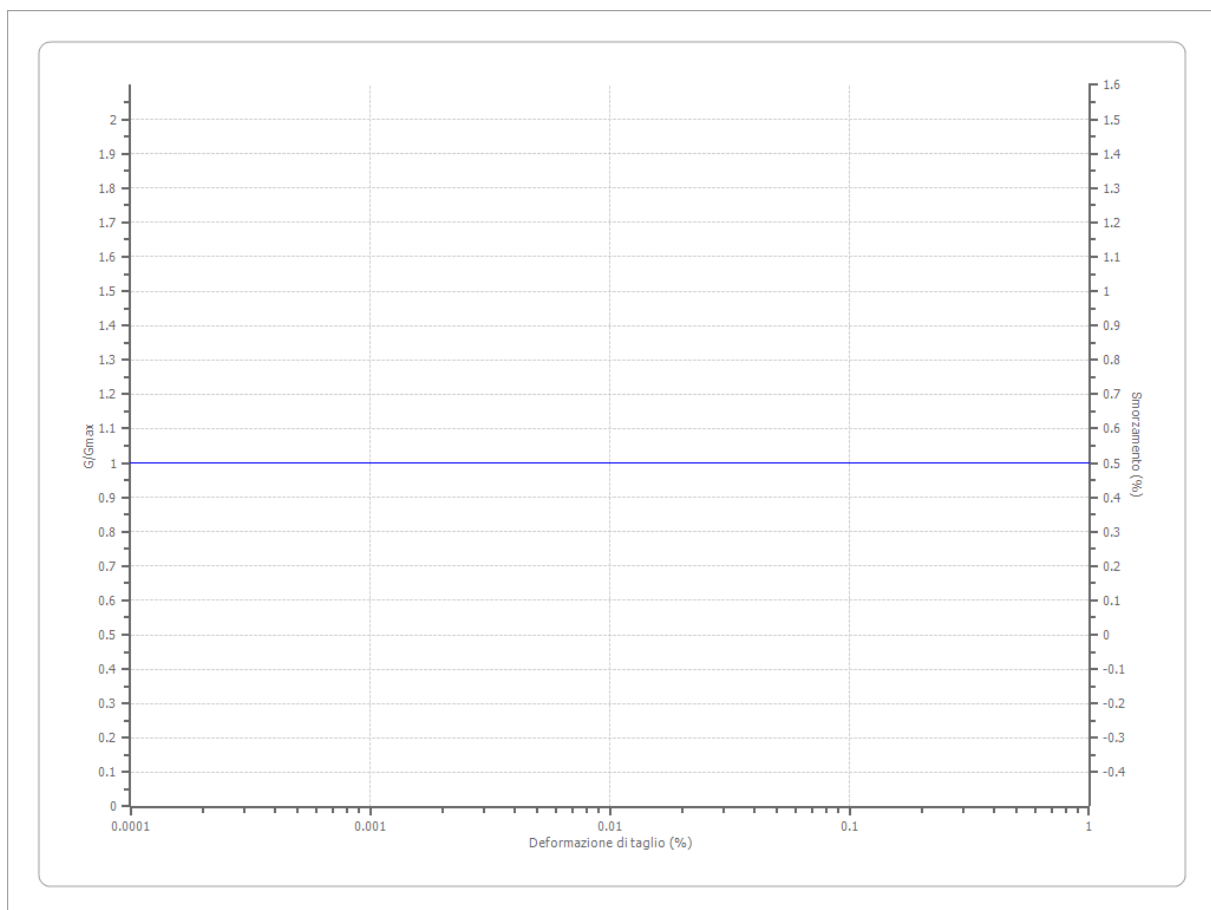
Substrato alterato Terremoto 2016

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.000
0.000316	1.000	0.000316	1.000
0.001	1.000	0.001	1.000
0.00316	1.000	0.00316	1.000
0.010	1.000	0.010	1.000
0.0316	1.000	0.0316	1.000
0.100	1.000	0.100	1.000
0.316	1.000	0.316	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000



Substrato integro Terremoto 2016

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.000316	1.000	0.000316	0.500
0.001	1.000	0.001	0.500
0.00316	1.000	0.00316	0.500
0.010	1.000	0.010	0.500
0.0316	1.000	0.0316	0.500
0.100	1.000	0.100	0.500
0.316	1.000	0.316	0.500
1.000	1.000	1.000	0.500



Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Depositi Eluvio-Colluviali	--	5.0	Curva n.6 Terremoto Marche 2016	0	108.31	--	17.0	250.0	42.5
2	Substrato molto alterato	5.0	18.0	Curva n.4 Terremoto Marche 2016	0	129.92	--	19.0	259.0	256.0
3	Substrato sabbioso alterato	23.0	95.0	Substrato alterato Terremoto 2016	0	909.73	--	20.0	668.0	1377.0
4	Substrato	118.0	36.0	Substrato	0	915.19	--	20.0	670.0	2687.0

	o argillos o alterato			o integro Terrem oto 2016						
5	Substrat o argillos o integro	154.0	100.0	Idriss e sand 1990 Terrem oto 2016	0	1435.27	--	22.0	800.0	3656.5
6	Substrat o sismico	oo	--	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	0	1435.27	--	22.0	800.0	4266.0

Strato con falda: 4
Strato rilevamento accelerogramma: 6 Affiorante

Profilo			Velocità onde di taglio		Tensione verticale	
5.00 [m]	5.00 [m]		250.0 [m/s]		42.5 [kPa]	
18.00 [m]	23.00 [m]	Terreno di riporto Substrato incostrato	259.0 [m/s]		256.0 [kPa]	
		Substrato sabbioso alterato				
95.00 [m]			668.0 [m/s]		1377.0 [kPa]	
	118.00 [m]					
36.00 [m]		Substrato argilloso alterato	670.0 [m/s]		2687.0 [kPa]	
	154.00 [m]					
100.00 [m]		Substrato argilloso integro	800.0 [m/s]		3656.5 [kPa]	
	254.00 [m]					
	oo	Substrato sismico	800.0 [m/s]		4266.0 [kPa]	

Elaborazione

Numero di iterazioni 100
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.6
Tipo di modulo elastico Shake 91
Massimo errore percentuale di convergenza 7.45 E-05

Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.120 [s]
Tvi	0.620 [s]
Tao	0.370 [s]
Tvo	0.620 [s]
Sami	5.673 [m/s ²]
Svmi	0.313 [m/s]
Samo	7.734 [m/s ²]
Svmo	0.577 [m/s]
Fa	1.363 [-]
Fv	1.847 [-]
TB	0.156 [s]
TC	0.469 [s]
TD	2.316 [s]
SA(0)	3.068 [m/s ²]
SA(TB)	7.734 [m/s ²]

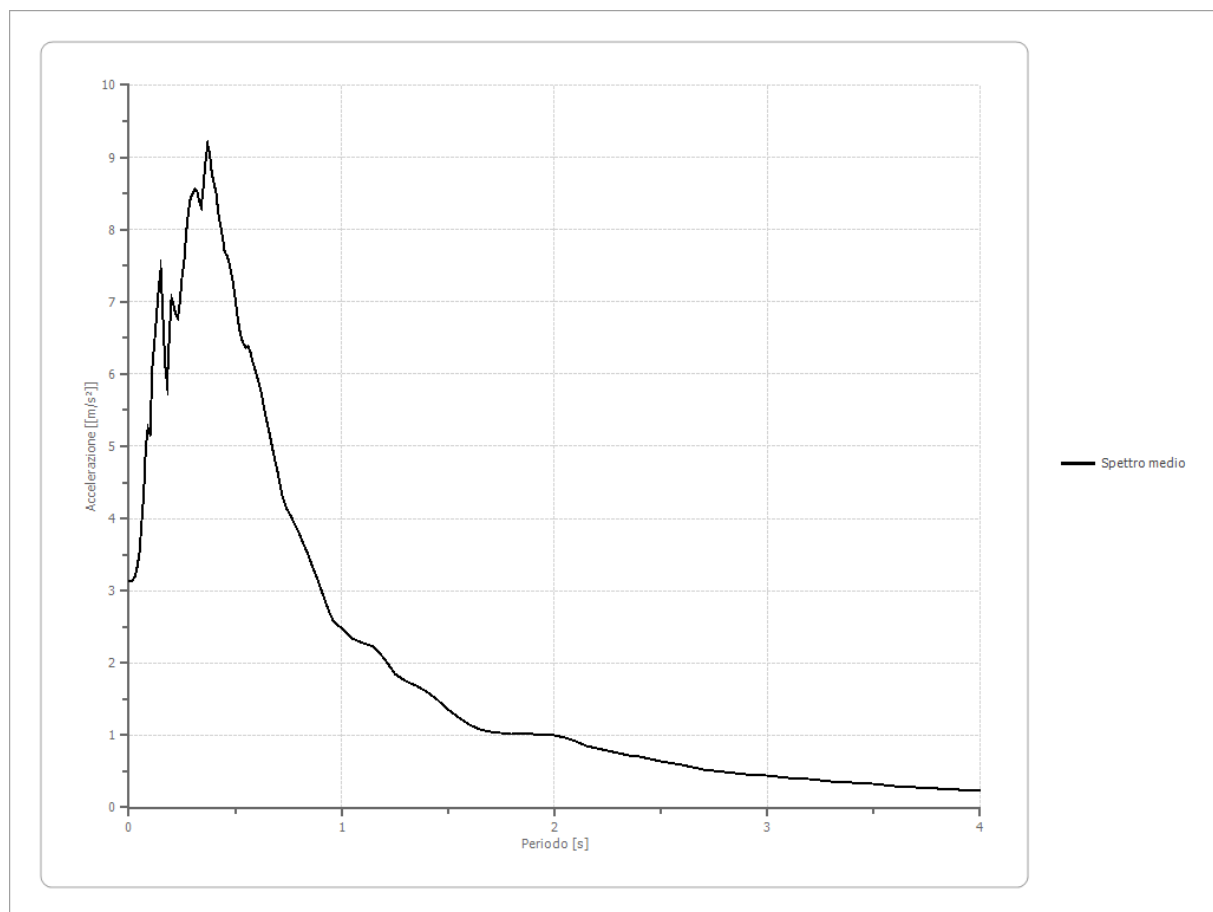
Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.088	0.140	0.200	1.595
0.400	0.800	0.121	0.226	0.500	1.867
0.700	1.100	0.124	0.201	0.636	1.620

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s ²]
0.00	3.1326	0.26	7.5607	0.52	6.6148	0.98	2.5221	2.25	0.7837
0.01	3.1326	0.27	7.9694	0.53	6.4880	1.00	2.4908	2.30	0.7515
0.02	3.1601	0.28	8.2514	0.54	6.4134	1.05	2.3406	2.35	0.7240
0.03	3.2118	0.29	8.4420	0.55	6.3714	1.10	2.2679	2.40	0.7007
0.04	3.3330	0.30	8.4997	0.56	6.3790	1.15	2.2283	2.50	0.6463
0.05	3.5366	0.31	8.5613	0.57	6.3115	1.20	2.0652	2.60	0.5853
0.06	3.9458	0.32	8.5464	0.58	6.1934	1.25	1.8513	2.70	0.5245
0.07	4.3409	0.33	8.4034	0.60	5.9895	1.30	1.7460	2.80	0.4908
0.08	5.0043	0.34	8.3117	0.62	5.7696	1.35	1.6826	2.90	0.4644
0.09	5.2617	0.35	8.5846	0.64	5.4556	1.40	1.6039	3.00	0.4393
0.10	5.1739	0.36	8.9432	0.66	5.1805	1.45	1.4858	3.10	0.4136
0.11	6.0905	0.37	9.1739	0.68	4.8868	1.50	1.3516	3.20	0.3877
0.12	6.4343	0.38	9.0570	0.70	4.6356	1.55	1.2405	3.30	0.3613
0.13	6.7895	0.39	8.7657	0.72	4.3241	1.60	1.1504	3.40	0.3420
0.14	7.1792	0.40	8.6420	0.74	4.1476	1.65	1.0848	3.50	0.3238
0.15	7.4506	0.41	8.5188	0.76	4.0392	1.70	1.0529	3.60	0.3011
0.16	6.7892	0.42	8.2344	0.78	3.9106	1.75	1.0298	3.70	0.2796

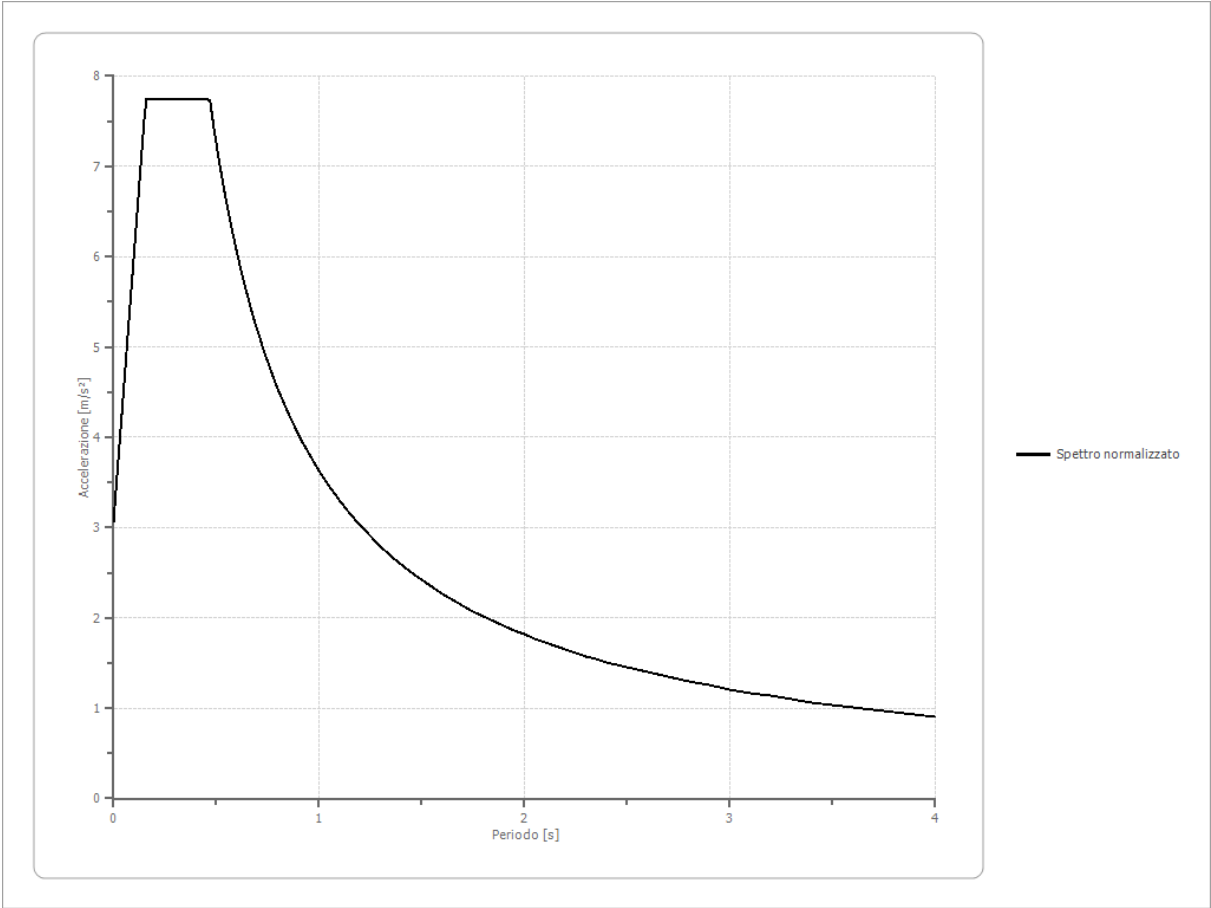
0.17	6.1452	0.43	8.0662	0.80	3.7921	1.80	1.0174	3.80	0.2592
0.18	5.8606	0.44	7.8999	0.82	3.6563	1.85	1.0123	3.90	0.2475
0.19	6.5108	0.45	7.6855	0.84	3.5163	1.90	1.0203	4.00	0.2372
0.20	7.0475	0.46	7.6406	0.86	3.3627	1.95	0.9998		
0.21	6.9624	0.47	7.5557	0.88	3.2110	2.00	0.9908		
0.22	6.8309	0.48	7.4121	0.90	3.0509	2.05	0.9654		
0.23	6.7753	0.49	7.2641	0.92	2.8879	2.10	0.9133		
0.24	7.0080	0.50	7.0422	0.94	2.7177	2.15	0.8571		
0.25	7.3501	0.51	6.8137	0.96	2.5910	2.20	0.8148		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	3.0678	0.26	7.7336	0.52	6.9764	0.98	3.7018	2.25	1.6123
0.01	3.3662	0.27	7.7336	0.53	6.8448	1.00	3.6277	2.30	1.5773
0.02	3.6646	0.28	7.7336	0.54	6.7180	1.05	3.4550	2.35	1.5437
0.03	3.9630	0.29	7.7336	0.55	6.5959	1.10	3.2979	2.40	1.5116
0.04	4.2614	0.30	7.7336	0.56	6.4781	1.15	3.1546	2.50	1.4511
0.05	4.5598	0.31	7.7336	0.57	6.3645	1.20	3.0231	2.60	1.3953
0.06	4.8582	0.32	7.7336	0.58	6.2547	1.25	2.9022	2.70	1.3436
0.07	5.1566	0.33	7.7336	0.60	6.0462	1.30	2.7906	2.80	1.2956
0.08	5.4550	0.34	7.7336	0.62	5.8512	1.35	2.6872	2.90	1.2509
0.09	5.7534	0.35	7.7336	0.64	5.6683	1.40	2.5912	3.00	1.2092

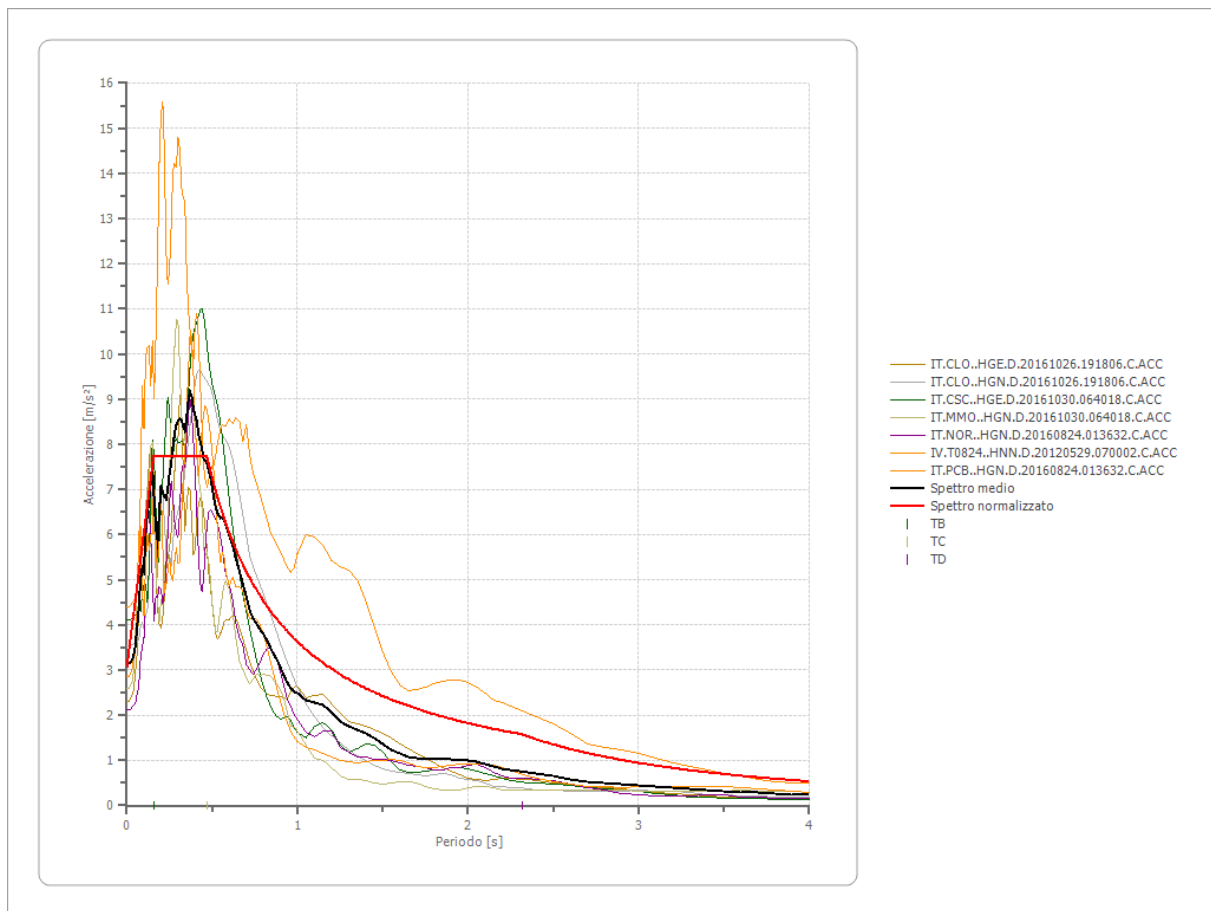
0.10	6.0518	0.36	7.7336	0.66	5.4966	1.45	2.5019	3.10	1.1702
0.11	6.3502	0.37	7.7336	0.68	5.3349	1.50	2.4185	3.20	1.1337
0.12	6.6486	0.38	7.7336	0.70	5.1825	1.55	2.3405	3.30	1.0993
0.13	6.9470	0.39	7.7336	0.72	5.0385	1.60	2.2673	3.40	1.0670
0.14	7.2454	0.40	7.7336	0.74	4.9024	1.65	2.1986	3.50	1.0365
0.15	7.5438	0.41	7.7336	0.76	4.7733	1.70	2.1340	3.60	1.0077
0.16	7.7336	0.42	7.7336	0.78	4.6509	1.75	2.0730	3.70	0.9805
0.17	7.7336	0.43	7.7336	0.80	4.5347	1.80	2.0154	3.80	0.9547
0.18	7.7336	0.44	7.7336	0.82	4.4241	1.85	1.9609	3.90	0.9302
0.19	7.7336	0.45	7.7336	0.84	4.3187	1.90	1.9093	4.00	0.9069
0.20	7.7336	0.46	7.7336	0.86	4.2183	1.95	1.8604		
0.21	7.7336	0.47	7.7186	0.88	4.1224	2.00	1.8139		
0.22	7.7336	0.48	7.5578	0.90	4.0308	2.05	1.7696		
0.23	7.7336	0.49	7.4036	0.92	3.9432	2.10	1.7275		
0.24	7.7336	0.50	7.2555	0.94	3.8593	2.15	1.6873		
0.25	7.7336	0.51	7.1132	0.96	3.7789	2.20	1.6490		



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s²]	Se(TB) [m/s²]
3.068	2.521	--	0.156	0.469	2.316	3.068	7.734

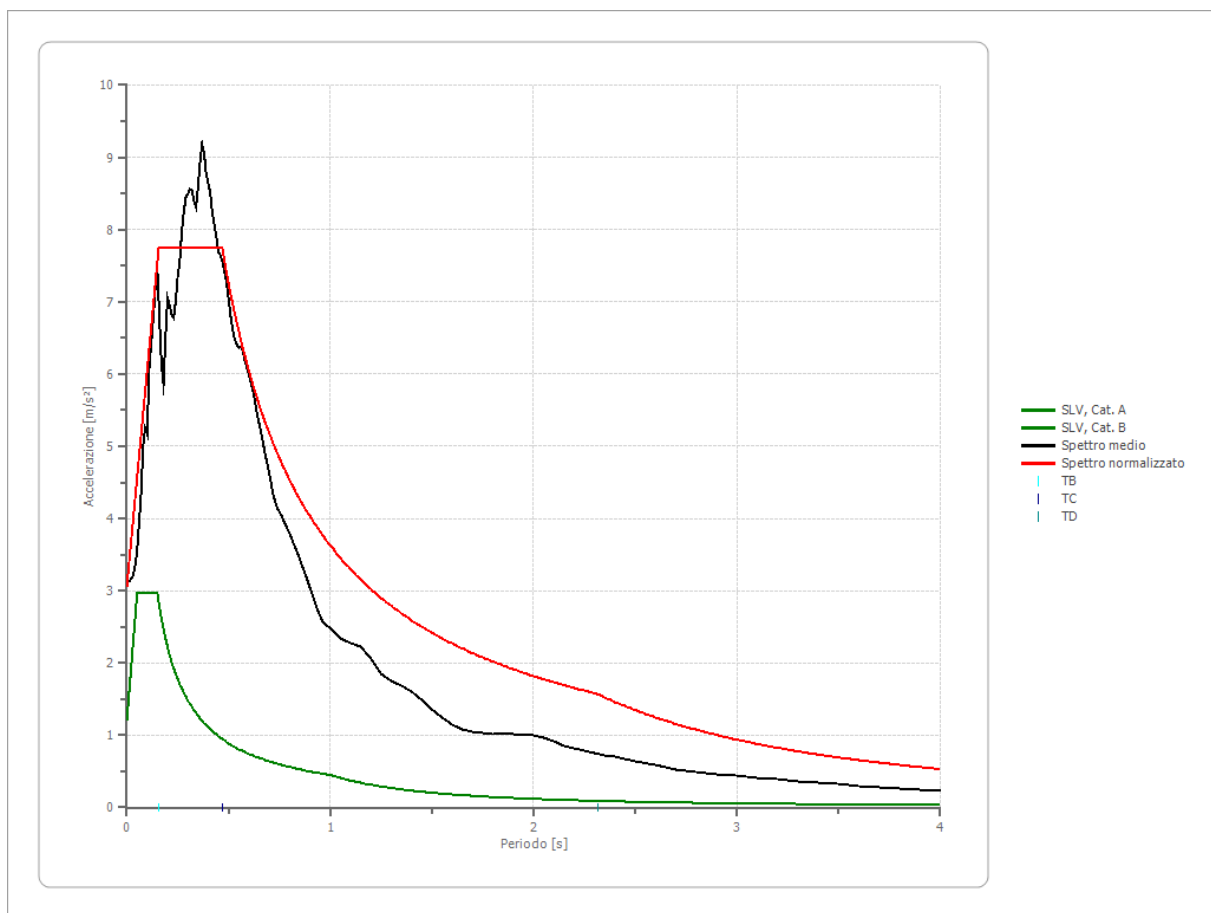
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

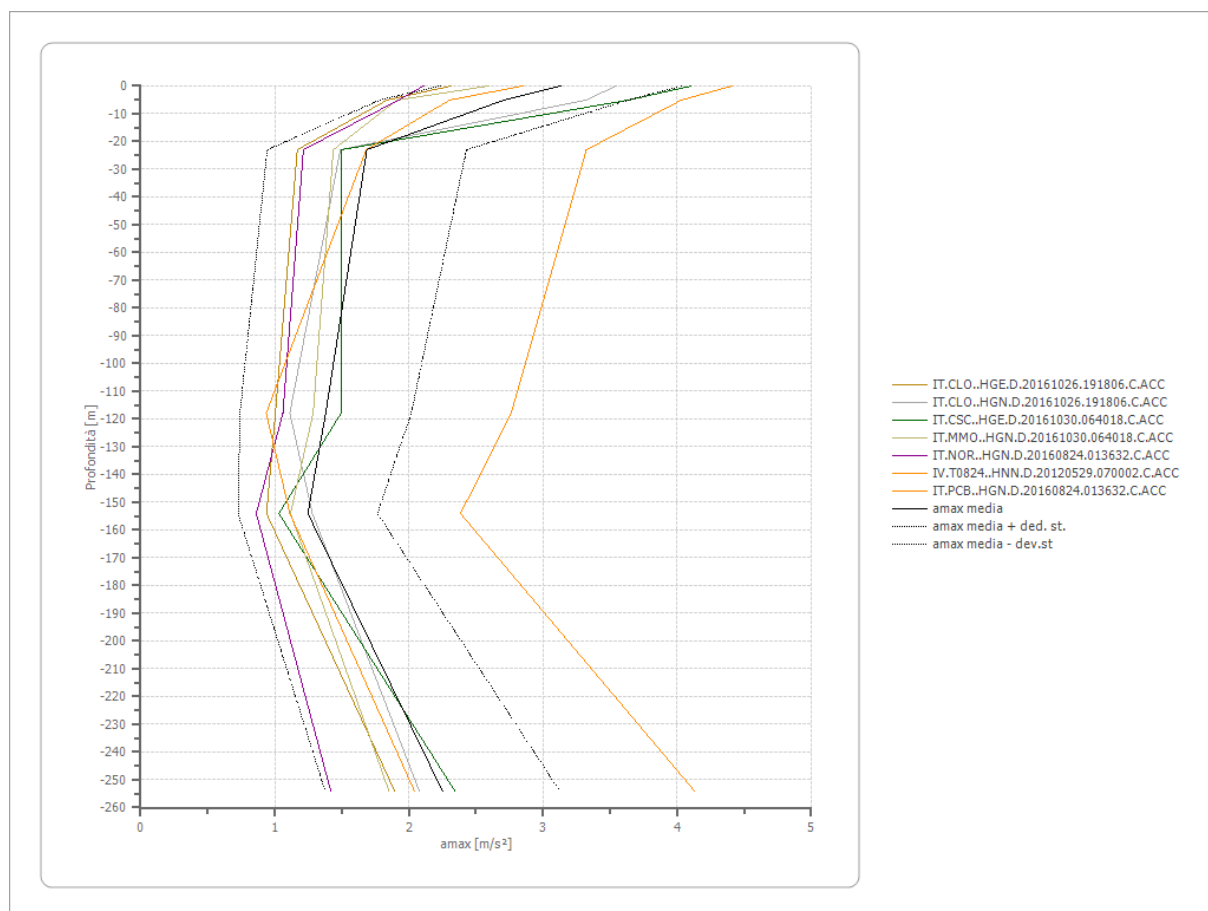
	Operativit à SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguar dia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [m/s²]	0.432	0.569	1.756	2.286	0.432	0.569	1.756	2.286
Fo	2.44	2.575	2.46	2.498	2.44	2.575	2.46	2.498
Tc* [s]	0.277	0.277	0.296	0.309	0.277	0.277	0.296	0.309
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TB [s]	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
TC [s]	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
TD [s]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Se(0) [m/s²]	0.147	0.222	1.204	1.788	0.147	0.222	1.204	1.788
Se(TB) [m/s²]	0.358	0.572	2.961	4.466	0.358	0.572	2.961	4.466
Fv	1.627908				0.691243 4	0.837206 6	1.405066	1.627908



Profilo a max

	0.0 [m]	5.0 [m]	23.0 [m]	118.0 [m]	154.0 [m]	254.0 [m]
IT.CLO..HG E.D.2016102 6.191806.C. ACC [m/s²]	2.316	1.837	1.168	1.004	0.938	1.894
IT.CLO..HG N.D.201610 26.191806.C. ACC [m/s²]	3.544	3.321	1.489	1.112	1.280	2.077
IT.CSC..HG E.D.2016103 0.064018.C. ACC [m/s²]	4.105	3.636	1.495	1.494	1.030	2.343
IT.MMO..H GN.D.20161 030.064018. C.ACC [m/s²]	2.595	1.911	1.436	1.286	1.117	1.851
IT.NOR..HG N.D.201608 24.013632.C. ACC [m/s²]	2.108	1.923	1.213	1.060	0.862	1.418

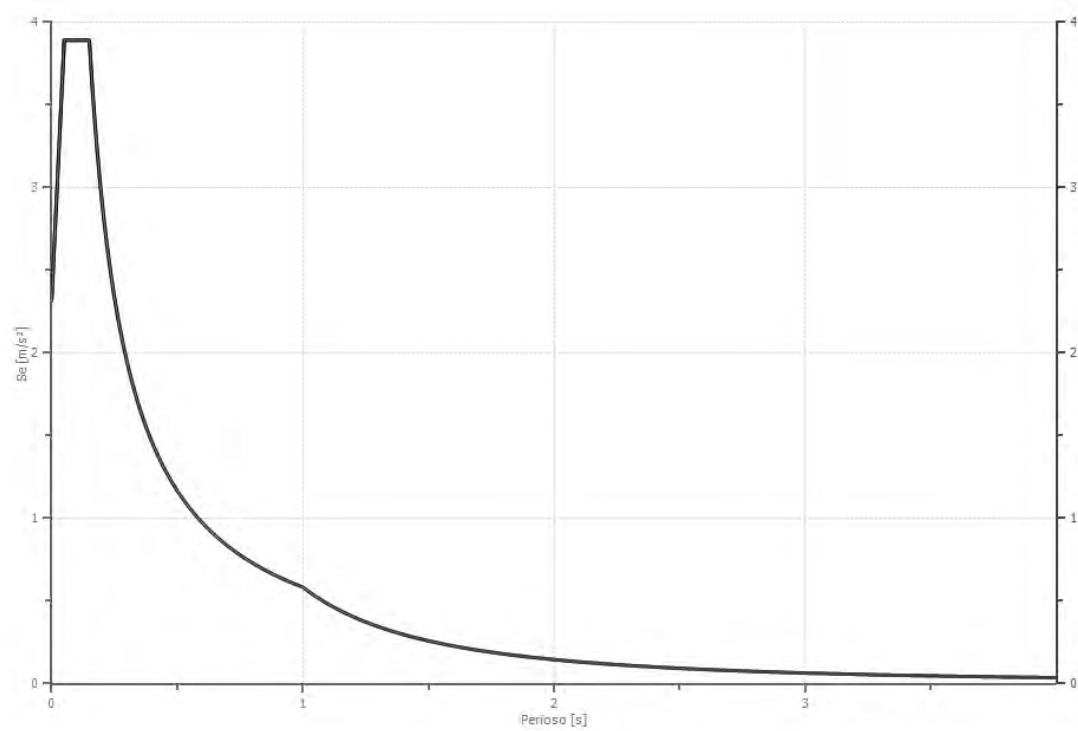
IV.T0824..H NN.D.20120 529.070002. C.ACC [m/s ²]	4.410	4.030	3.323	2.763	2.385	4.130
IT.PCB..HG N.D.201608 24.013632.C. ACC [m/s ²]	2.849	2.303	1.681	0.936	1.113	2.041
media [m/s ²]	3.133	2.709	1.686	1.379	1.246	2.250
Dev. St. [m/s ²]	0.898	0.927	0.743	0.639	0.520	0.875



Spettro verticale di progetto

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]
3.068	2.521	0.150	1.903	1.5	0.050	0.150	1.000	2.316	3.892

Spettro verticale di progetto



Indice

Dati generali	.7
Terreni	.7
Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	.7
Curva n.4 Terremoto Marche 2016	.8
Curva n.6 Terremoto Marche 2016	.9
Idriss e sand 1990 Terremoto 2016	.10
Substrato alterato Terremoto 2016	.11
Substrato integro Terremoto 2016	.12
Stratigrafia	.13
Elaborazione	.14
Fattori di amplificazione ICMS 2008	.15
Fattori di amplificazione su intensità spettrale	.15
Spettro medio di risposta elastico	.15
Spettro normalizzato di risposta elastico	.16
Confronto tra gli spettri	.18
Confronto spettro normativa	.19
Profilo a max	.20
Spettro verticale di progetto	.21
Indice	.23

INTEGRAZIONE

Oggetto: Integrazione alla relazione

TITOLO:

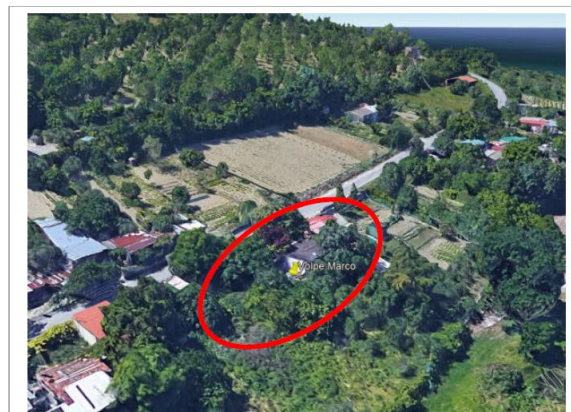
"REALIZZAZIONE EDIFICIO ABITATIVO"

COMMITTENTE:

	Volpe Marco
C.F.	-
P.I.	-
Via	-
Città/Prov.	Ancona Ancona

PROGETTO:

Via	Via del Golfo
Città/Prov.	Ancona Ancona
Foglio	
Particella	



La presente fa riferimento alle osservazioni avanzate dall'ARPAM in merito alle condotte disperdenti della fognatura derivante dall'edificio in progetto.

Il progetto degli scarichi, redatto dall'Ing. Andrea Lombardi, prevede la dispersione del refluo, trattato nella fossa Imhoff, all'interno dei terreni di proprietà della committenza mediante delle condotte a dispersione.

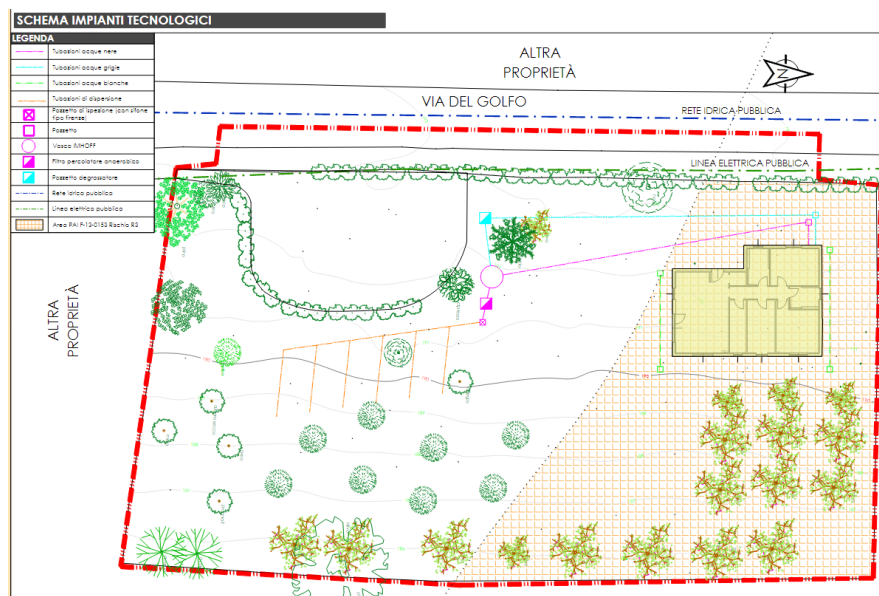


Figura 1 stralcio progetto impianto di trattamento reflui dell'Ing. Lombardi

Dall'indagine geologica fatta dallo scrivente, è emerso che parte del lotto in studio è interessato da un esteso fenomeno franoso indicato dal PAI (Piano Assetto Idrogeologico) con codice F-13-0153 - P2, a seguito di ciò nella relazione geologica veniva prescritto:

- Poiché le acque giocano un ruolo fondamentale sulle condizioni di stabilità dei terreni, sarà indispensabile realizzare, sia a monte che a valle, opere mirate alla regimazione delle acque superficiali al fine di impedire che queste si infiltrino nel sottosuolo alterando le caratteristiche del terreno.
- Data la problematicità dell'area da un punto di vista idrogeologico, si consiglia di fare attenzione che dette acque non vadano ad interagire con i fenomeni franosi presenti nella zona si appronti pertanto le misure necessarie, quali realizzazione di condotte protette con tecnologie atte a resistere ad eventuali stiramenti. Per le condotte si favoriscano percorsi al di fuori delle aree a dissesto.

Si ribadisce che tali condizioni, ritenute valide, dovranno essere rispettate per quanto riguarda la porzione del lotto compreso nel dissesto.

Si vuole precisare inoltre che la dispersione del refluo (scarichi derivanti dalle attività interne all'edificio) nei terreni esterni all'area in frana, sarà influente sugli equilibri dei terreni stessi, in quanto la quantità d'acqua uscente dalla fognatura risulterà esigua.

Si ritiene pertanto che la dispersione degli scarichi derivanti dalle attività nell'edificio, all'interno della porzione di lotto libera da dissesti, è compatibile con le condizioni di stabilità del terreno.

Castelraimondo 03/06/22

IL Geologo

Dr. Massimo Gubinelli