

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXILOTTO 1

PROGETTO ESECUTIVO

CONTRAENTE GENERALE

Val di Chienti
S.C.p.A.

IL RESPONSABILE DEL CONTRAENTE GENERALE

IL PROGETTISTA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

ATI: TECHNITAL s.p.a. (mandataria)
EGIS STRUCTURES & ENVIRONNEMENT S.A.
SICS s.r.l. Società Italiana Consulenza Strade
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.
SOIL Geologia Geotecnica Opere in sottterraneo Difesa del territorio

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE *Dott. Ing. M. Raccosta*

IL GEOLOGO
Dott. Geol. F. Ferrari

IL GEOLOGO

IL RESPONSABILE DELLA CONGRUENZA FUNZIONALE
CON IL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO
(ATI: TECHNITAL-EGIS-SOIL-SIS-SICS)

VISTO:IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Vincenzo Lomma

VISTO:IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE

LA DIREZIONE LAVORI

SUBLOTTO 1.2: S.S. 77 "VAL DI CHIEN TI" TRONCO PONTELATRAVE – FOLIGNO
TRATTI FOLIGNO-VALMENOTRE E GALLERIA MUCCIA-PONTELATRAVE (inclusa galleria)

AREA DI CANTIERE BASE N. 5 (B5)

ANALISI SISMICA DI 3° LIVELLO – RELAZIONE TECNICA

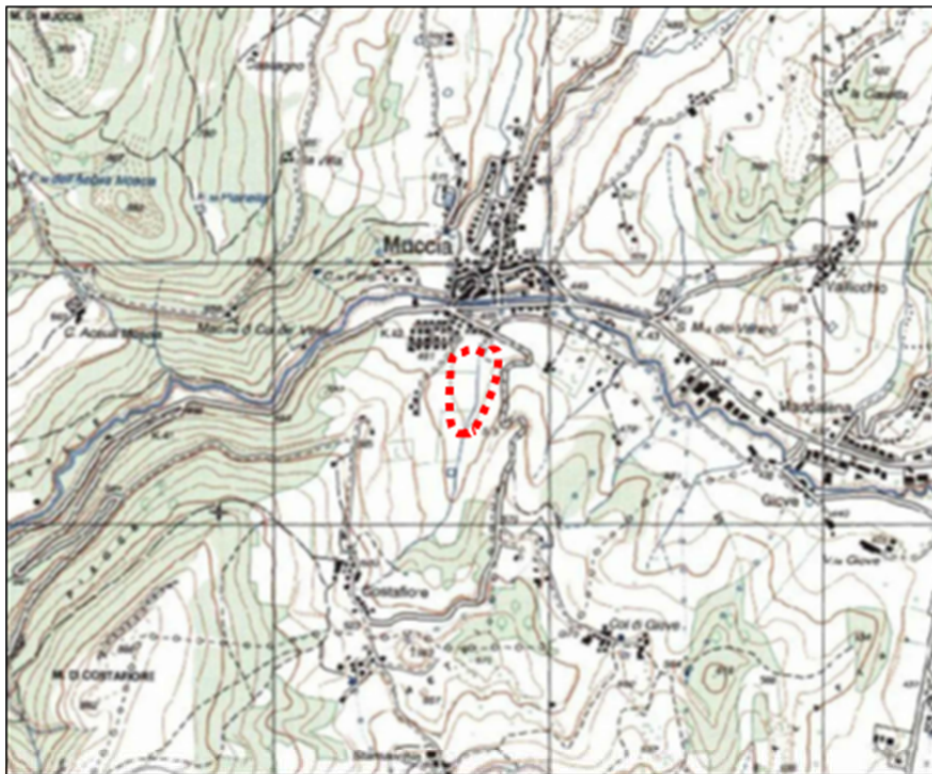
Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050011 ex F12C03000050010 (comunicazione CIPE 20/04/2015)				REVISIONE	FOGLIO	SCALA					
CODICE ELAB. e FILE	Opera	Lotto	Stato	Settore	WBS	Disciplina	Tipo Doc.	N. Progress.			
	L0703	A1	E	P	CA10100	GEO	REL	002	A	01	01
D											
C											
B											
A	EMISSIONE						10/09/15			RASIMELLI	
REV.		DESCRIZIONE				DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	APPROVATO RESP. TECNICO ANAS	



RPA srl

Fraz Fontana - Strada del Colle 1/A
06132 Perugia

**SUBLOTTO 1.2 S.S 77 "VAL DI CHIANTI"
TRONCO PONTELATRAVE-FOLIGNO
TRATTI FOLIGNO-VALMENOTRE
GALLERIA MUCCIA-PONTELATRAVE (inclusa galleria)
AREA DI CANTIERE BASE N° 5 (B5)**



**ANALISI SISMICA 3° LIVELLO
RELAZIONE TECNICA**

Data: Settembre 2015

Archivio 1615/2015

1615 - Relazione tecnica.doc

Impresa esecutrice:



PROGEO S.r.L.
Via Talete 10/8
47100 Forlì (It)
tel. +39 0543 723580
fax. +39 0543 721486
mail.progeo@gmail.com
www.progeo.info



Il Direttore Tecnico per l'impresa:



Società certificata con sistema di Qualità UNI EN ISO 9001 - 2008 n° 2619-A



INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO	5
3. PERICOLOSITA' SISMICA DI RIFERIMENTO	7
4. ANALISI SISMICA DI 3° LIVELLO.....	11
4.1. CURVE DI DECADIMENTO – INDICAZIONI GENERALI.....	12
4.2. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOSISMICO LOCALE	13
4.3. ANALISI NUMERICA.....	15
4.4. STATO LIMITE SLV.....	17
4.5. SINTESI DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA SLV	21

R.P.A. srl

SUBLOTTO 1.2 S.S 77 “VAL DI CHIENTI” TRONCO PONTELATRAVE-FOLIGNO TRATTI FOLIGNO-VALMENOTRE GALLERIA MUCCIA-PONTELATRAVE (inclusa galleria) AREA DI CANTIERE BASE N° 5 (B5)

Analisi della risposta sismica locale 3° livello

1. PREMESSA

Su incarico di R.P.A. srl è stata effettuata una analisi sismica di 3° livello la quale si è appoggiata alle prove geognostiche (sismiche, sondaggi e prove di laboratorio) eseguite dalla società CAM Perforazioni ed al rapporto geologico del dott. Luca Ugolini.

Le analisi sono state effettuate nel rispetto delle NTC vigenti (D.M.14/01/1998) e relative circolari successive, nonché con riferimento alle Linee Guida ICMS del Dipartimento Nazionale Protezione Civile.

L'area in oggetto (fig. 1.1), ubicata in località Muccia (MC), è individuata dal Foglio I.G.M. n° 124 "Macerata" Quadrante III alla scala 1:25.000.

Si interviene poco a valle della nuova S.S. 77 “Val di Chienti”, in una vallecola orientata NNE-SSW, nel tratto compreso tra le gallerie denominate “Costafiore” e “Maddalena”.

Le coordinate del sito sono le seguenti:

WGS84 Lat: 43.079 Long: 13.043

ED50 Lat: 43.082 Long: 13.044

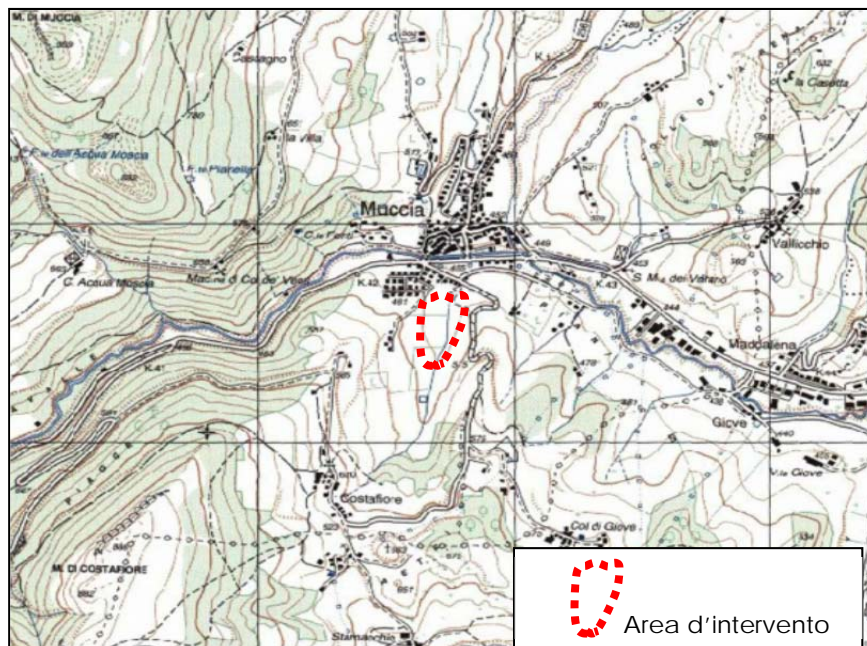


Fig. 1.1 - Inquadramento territoriale – estratto da mappa alla scala 1:25.000



La cartografia geologica di riferimento è rappresentata dalla Sez. 313090 "Muccia" alla scala 1:10.000 edita dalla Regione Marche.

Il substrato roccioso rappresentativo per l'area in esame ed affiorante sui versanti che la delimitano è costituito dalle seguenti formazioni:

1. Formazione della Scaglia Cinerea (Priaboniano pp - Aquitaniano pp): marne calcaree, marne, marne argillose di colore grigio e verdastro, talora con bande rosate alla base. Si presenta intensamente fratturata ed occupa il versante posto in sinistra idrografica dove affiora prevalentemente nella sua parte occidentale esponendo strati con valori di direzione di 165-175° e di inclinazione variabile da 35 a 70°.
2. Formazione del Bisciario (Aquitaniano pp - Burdigaliano sup.): alternanze di calcari marnosi, marne, marne calcaree di colore grigio e marrone. Interessa il versante in destra idrografica rispetto alla vallecola oggetto di intervento ed affiora lungo la strada che porta a Costafiore dove presenta strati con direzione compresa tra 165 e 175° ed inclinazione tra 55 e 70°.

Nel fondovalle il substrato è mascherato da depositi eluvio-colluviali (Olocene); si tratta di terreni prevalentemente limoso-argillosi aventi potenza tra 12 e 17 m. e caratterizzati dalla presenza di piccoli clasti per lo più a spigoli vivi, clasti che localmente possono essere prevalenti rispetto alla matrice.

La campagna geognostica è stata eseguita nel mese di maggio 2015 dalla ditta CAM Perforazioni: si riassumono le prove geognostiche effettuate in sito (vedasi fig. 1.2).

1. esecuzione di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino al substrato roccioso con esecuzione di n. 6 prove S.P.T., misure di pocket penetrometer e di vane test tascabile nelle carote appena estratte e prelievo di n. 8 campioni indisturbati di terreno e di un campione rimaneggiato;
2. esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH;
3. messa in opera di n. 3 piezometri nei fori di sondaggio e un piezometro nelle prove penetrometriche;
4. prelievo di n. 3 campioni rimaneggiati nel terreno di riporto attualmente presente nel sito e derivante dallo scavo delle gallerie Maddalena e Costafiore;
5. analisi di laboratorio sui campioni indisturbati e non prelevati, eseguite presso il laboratorio Orazi;
6. esecuzione di una linea sismica a rifrazione longitudinale all'area d'intervento;
7. reperimento dei risultati di determinazione della V_{s30} riportati nella relazione dei Dott.ri Mirco Moreschi e Mariano Tesei;
8. reperimento stratigrafia e prove di laboratorio sondaggio S14/pz eseguito dalla Servizi Geotecnici nel 2006;
9. reperimento analisi di laboratorio di un campione rimaneggiato prelevato nel terreno di riporto attualmente presente nel sito e derivante dallo scavo delle gallerie Maddalena e Costafiore.

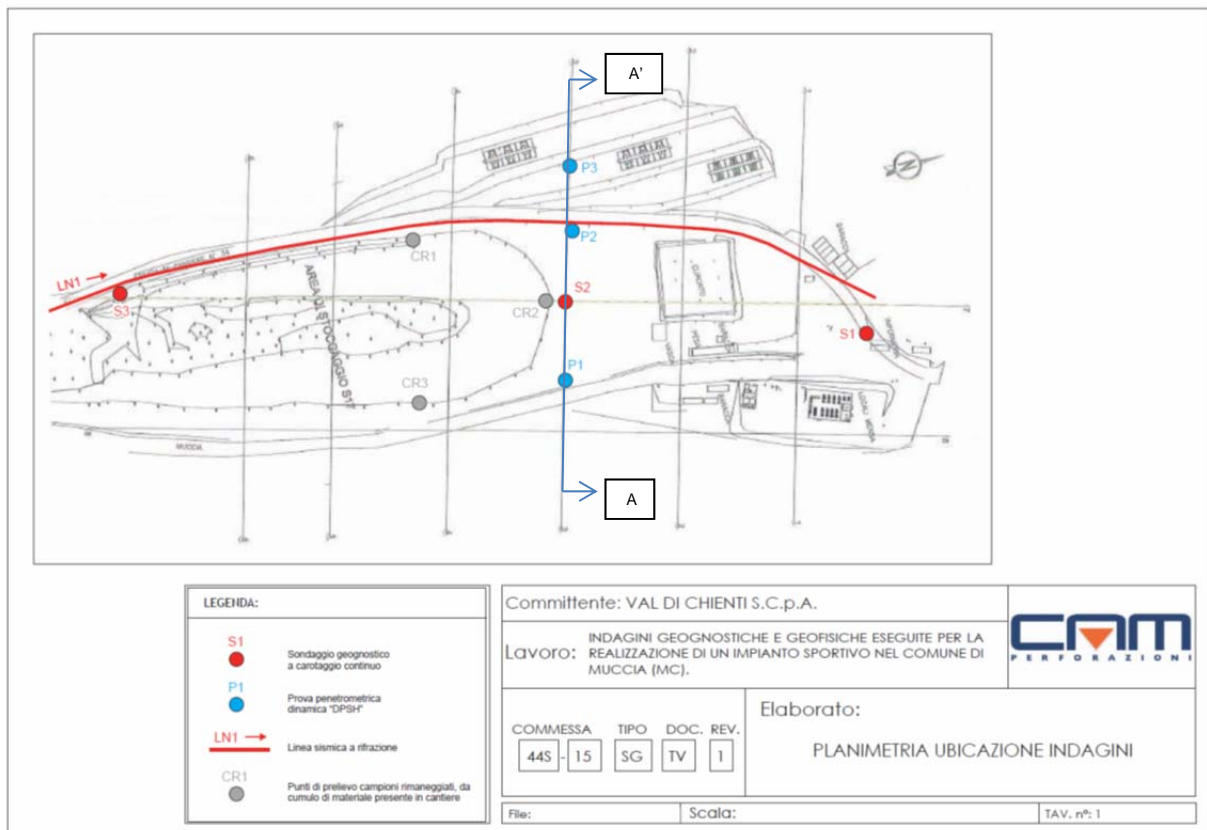


Fig.1.2 - Ubicazione indagini geognostiche eseguite estratto dal rapporto della ditta CAM Perforazioni.

2. MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO

Per quanto riguarda il modello geologico-geotecnico fa fede quello riportato nel rapporto del Dott. Luca Ugolini nel quale viene ricostruita la forma valliva trasversalmente alla valle sul sondaggio S2 (fig. 2.1), con le unità litostratigrafiche 1 e 2 (terreni di riporto soprastanti a limi argillosi con clasti lapidei) che sono a copertura delle formazioni lapidee di base (Unità stratigrafica 3 - Scaglia Cinerea in sinistra orografica e Unità stratigrafica 4 - formazione del Bisciario nel tratto centrale ed in destra orografica).

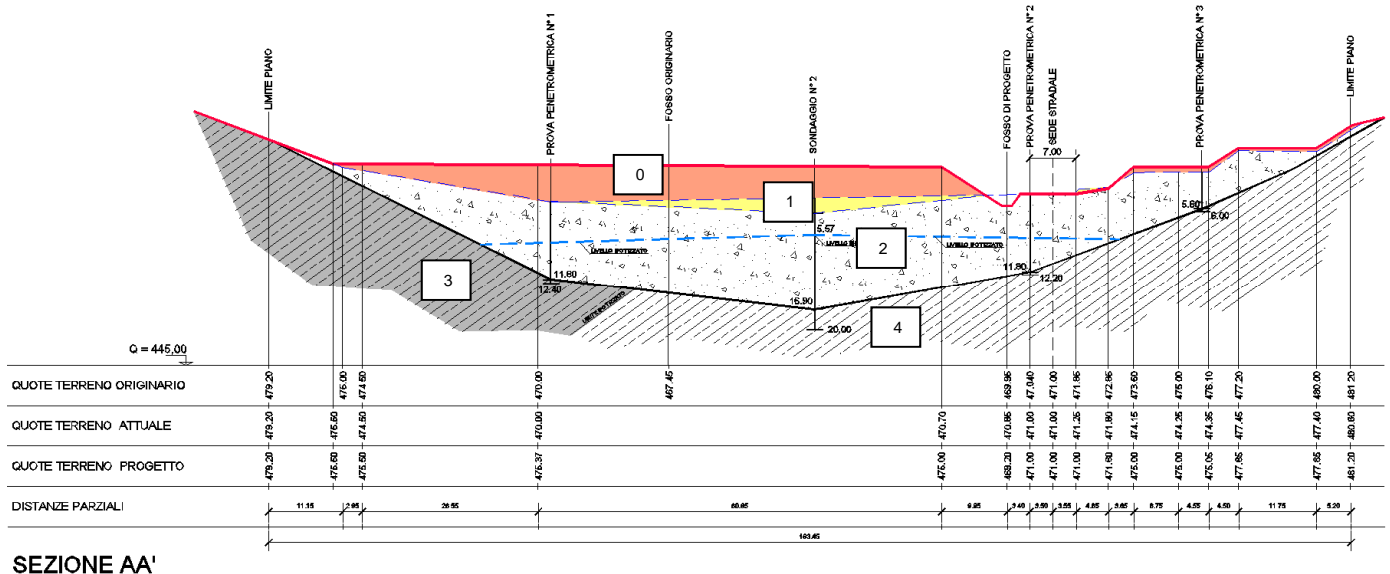


Fig. 2.1 - Sezione geologica A-A'.

Sulla sezione geologica è riportato in rosso il profilo del progetto del rimodellamento ed in arancio i depositi che costituiranno il rilevato.

Dal rapporto geologico queste unità litostratigrafiche vengono così descritte:

- Unità litostratigrafica 0: Terreno di riporto per effettuare il rimodellamento che sarà costituito da materiali calcareo-argillosi (vedasi relazione geologica e documento LO703.XX.E.Q.GENER.00.SGQ.RLQ.733.A della società Val di Chienti relativo alle prove di laboratorio effettuate sul campione ST17.03.06.13.A.TER);
- Unità litostratigrafica 1: Terreno di riporto costituito da frammenti marnosi, marnoso-calcarei e calcareo marnosi in matrice limoso argillosa;
- Unità litostratigrafica 2: Prevalente limo argilloso talora con clasti lapidei per lo più a spigoli vivi, presenza di intervalli con prevalenti frammenti lapidei in matrice limoso argillosa e limoso sabbioso argillosa;
- Unità litostratigrafica 3: Substrato roccioso. Formazione della Scaglia Cinerea costituita da marne, marne calcaree e marne argillose;
- Unità litostratigrafica 4: Substrato roccioso. Formazione del Bisciario costituito da marne, calcari marnosi e marne calcaree in alternanza.

Per quanto riguarda le indagini geofisiche sul sito è stata effettuata una sezione sismica ad onde di compressione e taglio (vedasi fig. 1.2 per il posizionamento della sezione ed il rapporto della ditta CAM Perforazioni) la quale campiona, per dove è stata posizionata, i materiali delle unità litostratigrafiche 1, 2 e 4.

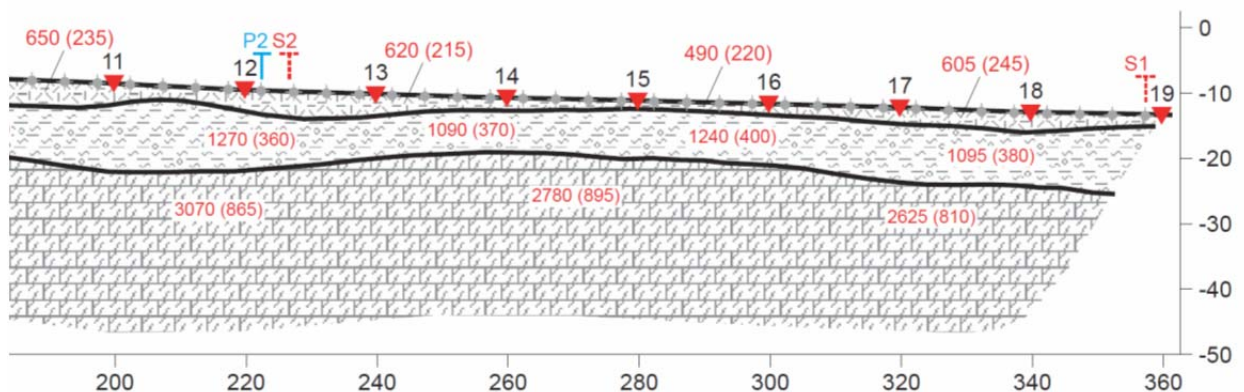


Fig. 2.2 - Estratto di sezione sismica LN1.

Allo scopo pertanto di una analisi di 3° livello nella tabella 2.1 sottostante sono stati raccolte le informazioni geologiche, geotecniche e sismiche necessarie per la caratterizzazione dei materiali ed in particolare sono riportati i parametri di Vs sulla verticale della sondaggio S2 in asse alla sezione A.A' di fig. 1.2) e riassunti i parametri meccanici dalle prove di laboratorio effettuate.

I valori di Vs presentati nella relazione della ditta CAM Perforazioni appaiono troppo elevati per l'unità litostratigrafica 2 e non coerenti con i valori delle velocità delle onde di compressione, con le prove penetrometriche dinamiche e con le prove di laboratorio eseguite su questa unità per cui si è provveduto ad una loro riduzione del 30% cosicché il valore di 360 m/sec, indicato sulla verticale della penetrometria P2, è stato normalizzato a 240 m/sec.

UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE	γ T/MC	Cu KG/CMQ	C' KG/CMQ	Φ' °	M KG/CMQ	IP (INDICE DI PLASTICITÀ)	Vs (M/SEC)
N° 0 – Terreno di riporto per il rimodellamento del sito (Ghiaia e sabbia limosa - Materiale proveniente dalle Gallerie Maddalena e Costafore)	1.81		21.37	31.79		13	300 (ipotizzato)
N° 1 – Terreno di riporto derivante dallo scavo delle gallerie	1,86 1,99 (1,94)	-	0,035 0,075 (0,056)	29,3 30,6 (30)	-	(18-25)	230
N° 2 – Limo argilloso	1,80 1,93 (1,88)	0,37 1,25 (0,68)	0,075 0,156 (0,121)	22,2 28 (25,5)	34,84 217,39 (109,60)	18-25	240 (normalizzato)
N° 3 – Substrato roccioso	2,20		C> 0,1	30-32			865

Tabella 2.1 – Sintesi dei parametri geomeccanici e sismici

3. PERICOLOSITA' SISMICA DI RIFERIMENTO

La sismicità che caratterizza la penisola italiana è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e quindi alla presenza di strutture geologicamente “attive”.

Alla base di ogni stima della pericolosità sismica di un territorio vi è dunque l'indispensabile conoscenza della sua storia sismica e della geologia strutturale locale, strettamente connesse tra loro.

Le evoluzioni scientifiche e tecnologiche hanno permesso catalogazioni sempre più dettagliate dei terremoti, analisi più raffinate dei meccanismi di innesco e di propagazione dei sismi e una progressiva migliore conoscenza delle zone o delle strutture responsabili della sismicità “sorgenti sismogenetiche” presenti nel territorio.

A livello nazionale si è giunti, attraverso varie fasi di studi e revisioni, all'ultima zonazione sismogenetica del territorio nazionale nota con la semplice sigla “ZS9” (2011) prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano.

Questa zonazione (fig. 3.1) è stata elaborata riferendosi anche ai più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS 3.1 ed il già citato catalogo CPTI11.

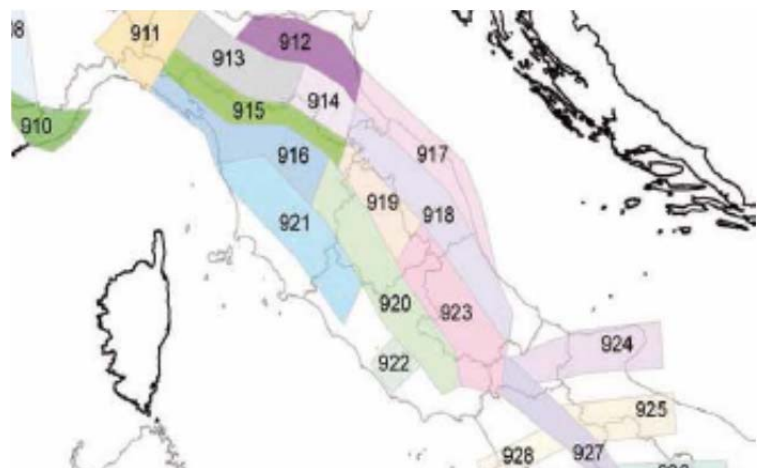


Fig.3.1: Stralcio della zonazione ZS9 da GDL-INGV, 2004

Nell'area in oggetto sono stati riportati gli epicentri relativi ai terremoti strumentali, storici e di dati concernenti i meccanismi focali presenti in letteratura. I principali riferimenti bibliografici utilizzati per la definizione del quadro macrosismico sono:

- Sismicità strumentale: Catalogo Strumentale dei Terremoti Italiani (CSTI, 2001)
- Epicentri macrosismici: Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11, 2011)

La tabella 3.1 sono indicati i principali eventi sismici storici i cui epicentri sono stati rilevati nell'area di intervento (dati: Gruppo di Lavoro CPTI11 -2011- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, INGV, Bologna <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11>)ⁱ – DBMI11).

Is (MCS)	DATA	Località	Np	Io	Mw
4	1785 05 03 02:30	Alta valle del Chienti	11	7	5.14 $\dot{A}\pm 0.34$
6	1799 07 28 22:05	Appennino marchigiano	71	9	6.13 $\dot{A}\pm 0.17$
5	1951 08 08 19:56	Gran Sasso	94	7	5.30 $\dot{A}\pm 0.14$
5	1971 10 04 16:43:33	NORCIA	43		4.99 $\dot{A}\pm 0.16$
5-6	1972 11 26 16:03:08	MONTEFORTINO	73	8	5.38 $\dot{A}\pm 0.18$
6-7	1979 09 19 21:35:37	Valnerina	694	8-9	5.86 $\dot{A}\pm 0.09$
4-5	1984 04 29 05:02:60	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 $\dot{A}\pm 0.09$
4-5	1986 10 13 05:10:01	Appennino umbro-marchigiano	322	5-6	4.65 $\dot{A}\pm 0.09$
4-5	1993 06 04 21:36:51	Nocera Umbra	90	5-6	4.50 $\dot{A}\pm 0.13$
5	1993 06 05 19:16:17	GUALDO TADINO	326	6	4.74 $\dot{A}\pm 0.09$
NF	1997 07 15 08:51	Appennino umbro-marchigiano	22	4-5	3.69 $\dot{A}\pm 0.21$
7	1997 09 26 00:33:13	Appennino umbro-marchigiano	760		5.70 $\dot{A}\pm 0.09$
6	1997 09 26 09:40:27	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	6.01 $\dot{A}\pm 0.09$
7-8	1997 10 03 08:55:22	Appennino umbro-marchigiano	490		5.25 $\dot{A}\pm 0.09$
7-8	1997 10 06 23:24:53	Appennino umbro-marchigiano	437		5.46 $\dot{A}\pm 0.09$
6-7	1997 10 14 15:23:11	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8	5.65 $\dot{A}\pm 0.09$
5	1997 10 23 08:58:44	Appennino umbro-marchigiano	56		4.31 $\dot{A}\pm 0.25$
4-5	1997 11 09 19:07:33	Appennino umbro-marchigiano	180	5-6	4.90 $\dot{A}\pm 0.09$
6	1998 02 07 00:59:45	Appennino umbro-marchigiano	62	5-6	4.43 $\dot{A}\pm 0.09$
5	1998 02 16 13:45:45	Appennino umbro-marchigiano	33	5	4.03 $\dot{A}\pm 0.19$
5	1998 03 21 16:45:09	Appennino umbro-marchigiano	141	6	5.03 $\dot{A}\pm 0.09$
5-6	1998 03 26 16:26:17	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 $\dot{A}\pm 0.09$
5	1998 04 05 15:52:21	Appennino umbro-marchigiano	395	6	4.81 $\dot{A}\pm 0.09$
3-4	1998 06 01 13:57:10	Appennino umbro-marchigiano	23	5	4.29 $\dot{A}\pm 0.18$
5-6	1998 06 02 23:11:23	Appennino umbro-marchigiano	83	5-6	4.28 $\dot{A}\pm 0.09$
4-5	1998 08 11 05:22:59	Appennino umbro-marchigiano	24	5-6	4.53 $\dot{A}\pm 0.41$
4-5	1999 11 29 03:20:34	APPENNINO CENTRALE	62	5-6	4.38 $\dot{A}\pm 0.13$
NF	2004 12 09 02:44:25	Zona Teramo	224	5-6	4.18 $\dot{A}\pm 0.09$
3-4	2005 04 12 00:31:52	Maceratese	137	4-5	4.16 $\dot{A}\pm 0.14$
4	2005 12 15 13:28:39	Valle del Topino	361	5-6	4.66 $\dot{A}\pm 0.09$
4-5	2006 04 10 19:03:36	Maceratese	211	5	4.51 $\dot{A}\pm 0.10$

Tabella 3.1: principali terremoti che hanno interessato la zona in oggetto (Is= Intensità di sito; Io = Intensità epicentrale; MwM = Magnitudo momento)

ⁱ A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11

L'area oggetto di studio ricade nella zona sismogenetica 919, ossia la porzione esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, caratterizzata da terremoti con meccanismi focali di tipo thrust e strike-slip con assi SW-NE.

Per quanto riguarda le sorgenti sismogenetiche l'INGV ha diffuso, nell'ambito del Progetto DISS3, le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle sorgenti sismogenetiche presenti sul territorio nazionale.

Si veda a tale proposito: The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3.2-giugno 2015.

Più nel dettaglio la banca dati indica che il territorio di Muccia si colloca a Ovest dell'area sismogenetica ITCS027 – “Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga” indicata in figura 3.2.

A questa area sismogenetica viene attribuita la magnitudo massima di $M_W = 6.2$.

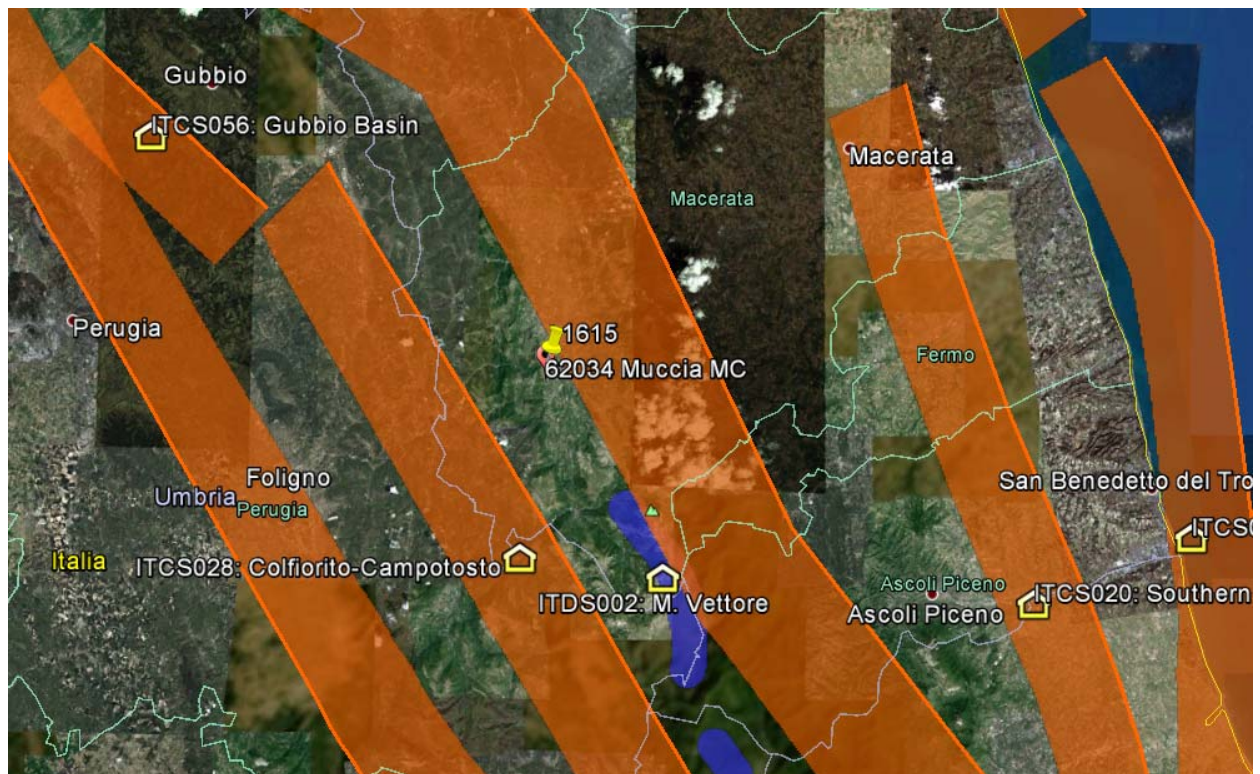


Fig. 3.2: Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS

Nella tabella 3.2, estratta da DISS 3.2, sono riportate le caratteristiche dell'area sismogenetica.

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS027
Name	Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga
Compiler(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	17-May-2012
Display map ...	
Related sources	ITIS058 ITIS047 ITIS048 ITIS049 ITIS055 ITIS135

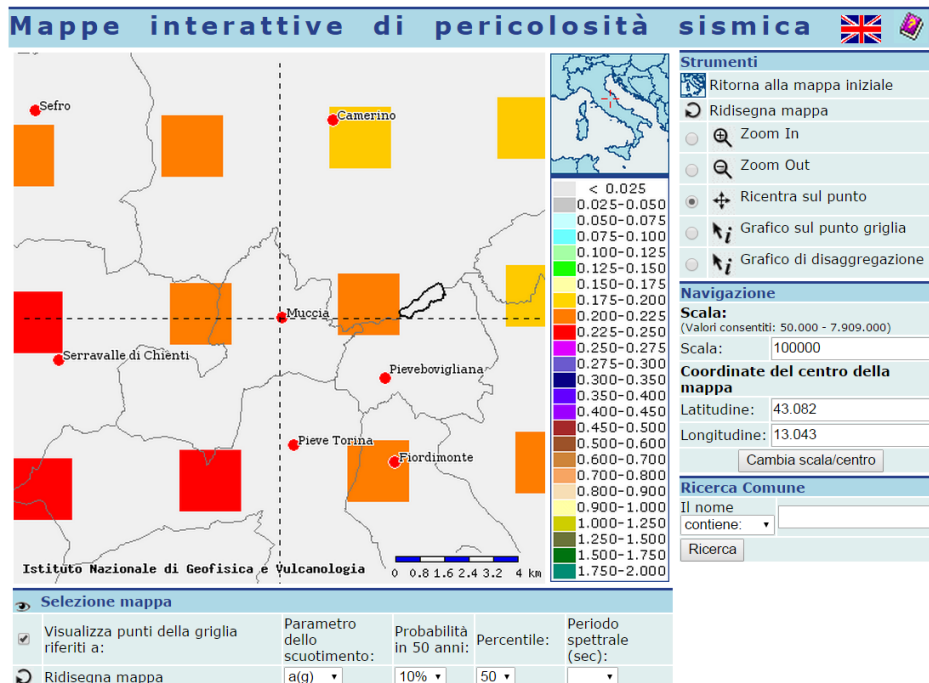
PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	12.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Max depth [km]	22.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Strike [deg] min... max	90...160	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Dip [deg] min... max	20...55	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Rake [deg] min... max	70...110	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Tabella 3.2: Area sismogenetica ITCS027

La stima della Magnitudo massima attesa nel sito in esame e della distanza della sorgente sismogenetica sono state eseguite facendo riferimento ai dati messi a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) accedendo al sito <http://esse1-gjs.mi.ingv.it/> ed Inserendo, per individuare la zona di riferimento, le coordinate indicate al § 1.

Sono poi stati visualizzati i punti sulla griglia come pure il grafico di disaggregazione impostando, per la verifica SLV, una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.



Si ottiene in tal modo una stima del valore medio di Magnitudo = 5,32 e di distanza dalla sorgente sismogenetica = 7,57 Km.



4. ANALISI SISMICA DI 3° LIVELLO

Per lo studio sismico del sito, con finalità di microzonazione sismica viene applicata la normativa NTC 2008 prevede l'utilizzo di n° 7 accelerogrammi al bedrock, in questo caso estratti dal sito SeisHome della EUCENTRE (<http://www.eucentre.it/seisshome.html>), scalati al valore di a_g (accelerazione al bedrock sismico locale) definito dagli stati limite considerati dalla normativa in funzione dell'opera.

I parametri di input per valutare la pericolosità sismica di base, in funzione della tipologia dell'opera, sono:

Latitudine ED50 : 43,079868
 Longitudine ED50 : 13,043753
 Latitudine WGS84 : 43.078909
 Longitudine WGS84 : 13.042822

Vita nominale (V_n) 50 anni
 Classe d'uso II
 Coefficiente d'uso $C_u=1$
 Periodo di riferimento $V_r=50$ anni

Sulla base di questi input si hanno i seguenti parametri di pericolosità sismica del sito in funzione degli stati limite e dei relativi periodo di ritorno (tabella 4.1) estratti dal software Spettri-NTC del ministero dei Lavori Pubblici:

Stato limite	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T^*c (sec)
SLO	30	0.070	2.412	0.275
SLD	50	0.089	2.404	0.286
SLV	475	0.216	2.436	0.322
SLC	975	0.275	2.463	0.334

Tabella 4.1 – Parametri di base dell'azione sismica

I 7 accelerogrammi estratti da sito SeisHome sono i seguenti (file TR475_ID23193):

Magnitude(Mw)	Epic.Distance(km)	Source	File_Name
7.4	114	ESD	001249xa.cor
6.87	11	ESD	000182xa.cor
6.2	32	ESD	000234ya.cor
6.93	28.64	NGA	0765x.txt
6.69	38.07	NGA	1091y.txt
6.6	36.18	KNET1	SAG0010503201053.NS
6.3	101.74	ITACA	20090406_013239ITDPC_ASS_NSC.DAT

4.1. CURVE DI DECADIMENTO – INDICAZIONI GENERALI

Per la particolarità delle curve G/γ e $D\%$ il parametro base da conoscere per i materiali fini è l'Indice di Plasticità per il quale, non essendo stato misurato da prove di laboratorio, si fa può riferimento alla seguenti tabelle e grafici derivati da un **Modello Cam Clay** del suolo.

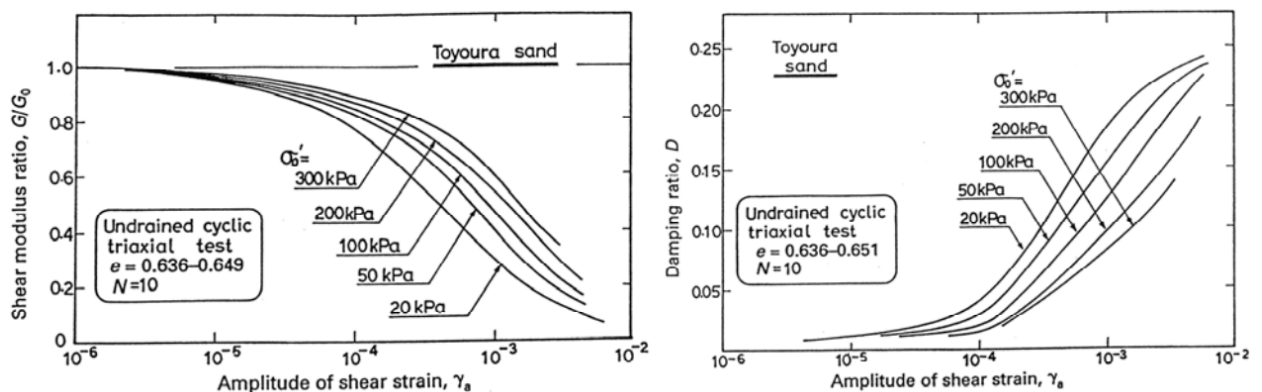
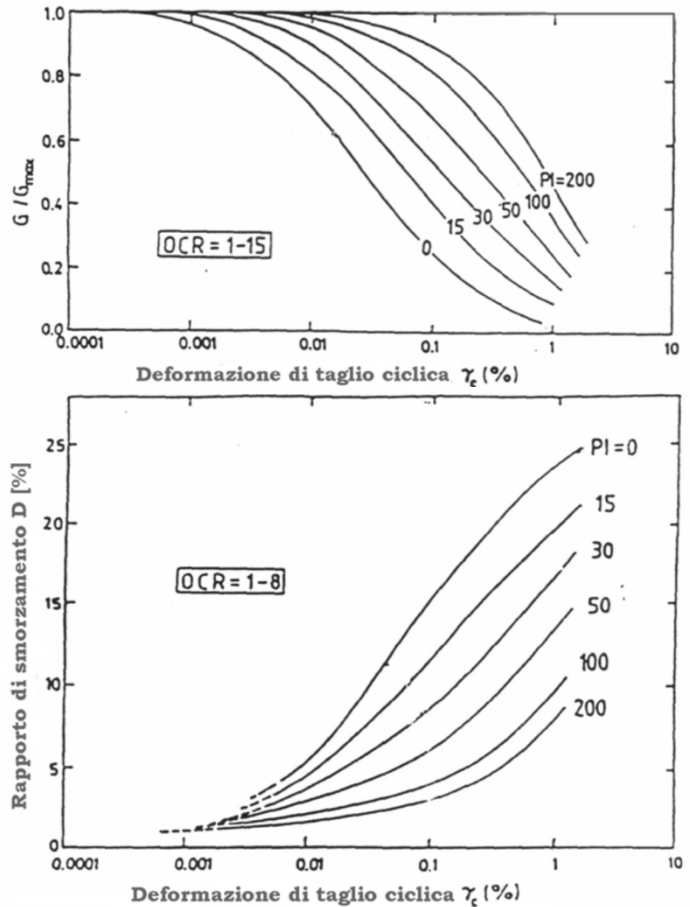
Per quanto riguarda le curve di decadimento del Modulo di Taglio normalizzato (G/G^0 vs $\gamma\%$) la tendenza in funzione di IP è data dal grafico a lato superiore mentre il rapporto di Smorzamento – Deformazione di taglio ciclica ($D\%$ vs $\gamma\%$) in funzione di IP è nel grafico sottostante (Vucetic e Dobry 1991).

Come si può rilevare quindi la conoscenza di IP risulta necessaria, anche per un approccio semplificato, per utilizzare al meglio le curve di rigidezza e smorzamento necessarie all'analisi numerica in campo dinamico.

Altro parametro da considerare è la pressione di confinamento che anch'esso influenza le curve scelte per l'analisi numerica.

Nei grafici successivi si riporta la tendenza della variazione della pressione di confinamento (per l'OCR si presenta una analoga situazione) in funzione delle curve G/γ e D/γ .

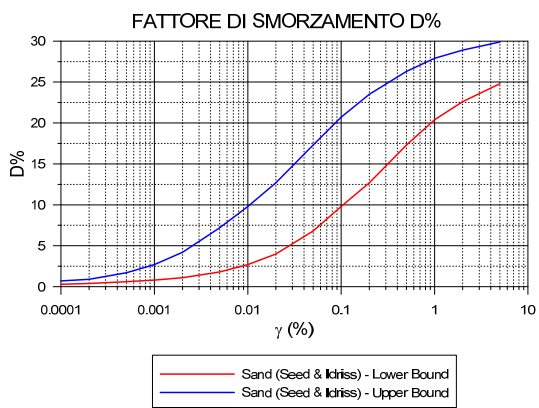
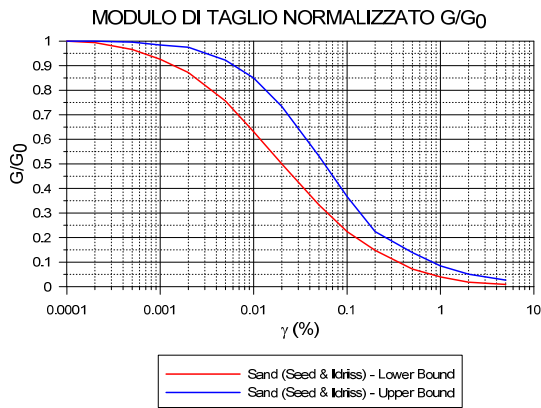
L'esempio riportato fa riferimento a sabbie ma l'immagine è semplicemente esplicitiva dell'effetto prodotto dal carico.



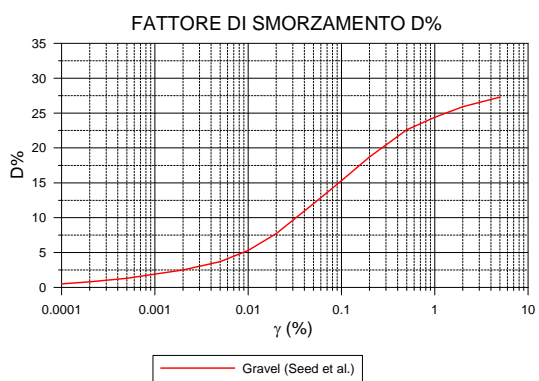
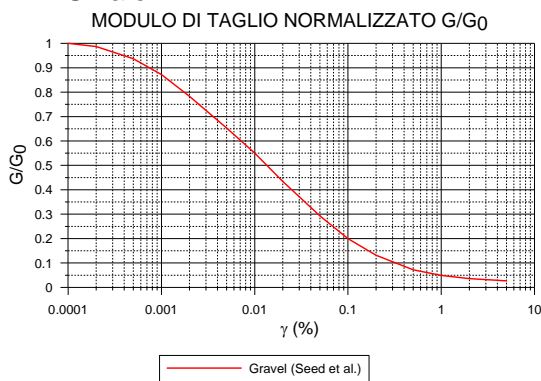
Le curve di base di rigidezza G/γ e di Damping D/γ caratteristiche utilizzate per i litotipi presenti sono le seguenti le quali verranno adattate in funzione dell'indice plastico nel caso di argille e limi e del carico litostatico.

Per le sabbie e le ghiaie vengono utilizzate le seguenti curve di bibliografia:

Sabbie:



Ghiaie:



4.2. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOSISMICO LOCALE

Di seguito si rappresenta schematicamente ciascun parametro utilizzato per l'analisi a cui è stato assegnato un grado di adeguatezza.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove in sito
Stratigrafici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (stratigrafie di pozzi e sondaggi perforati nelle adiacenze)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche statiche e dinamiche)
Geomeccanici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da valutazioni correlative con prove su materiali simili
	Alta	Da campioni prelevati in sito
Geofisici (Vs)	Limitata	Da bibliografia - dati da zone limitrofe - relazioni empiriche
	Bassa	Da prove sismiche indirette (HVSR)
	Media	Da prove sismiche a bassa risoluzione (MASW) o sismica a rifrazione tradizionale (metodo GRM per rifrattori o simili)
	Medio-alta	Da prove dirette a media risoluzione (Sismica tomografica)
	Alta	Da prove Down Hole o Cross Hole, Cono sismico

Per l'analisi è stato utilizzato un modello di rappresentazione del sottosuolo a strati continui: in questo modello il terreno è schematizzabile come un mezzo continuo multistrato, in cui ogni strato è assunto omogeneo ed a comportamento visco-elastico lineare.

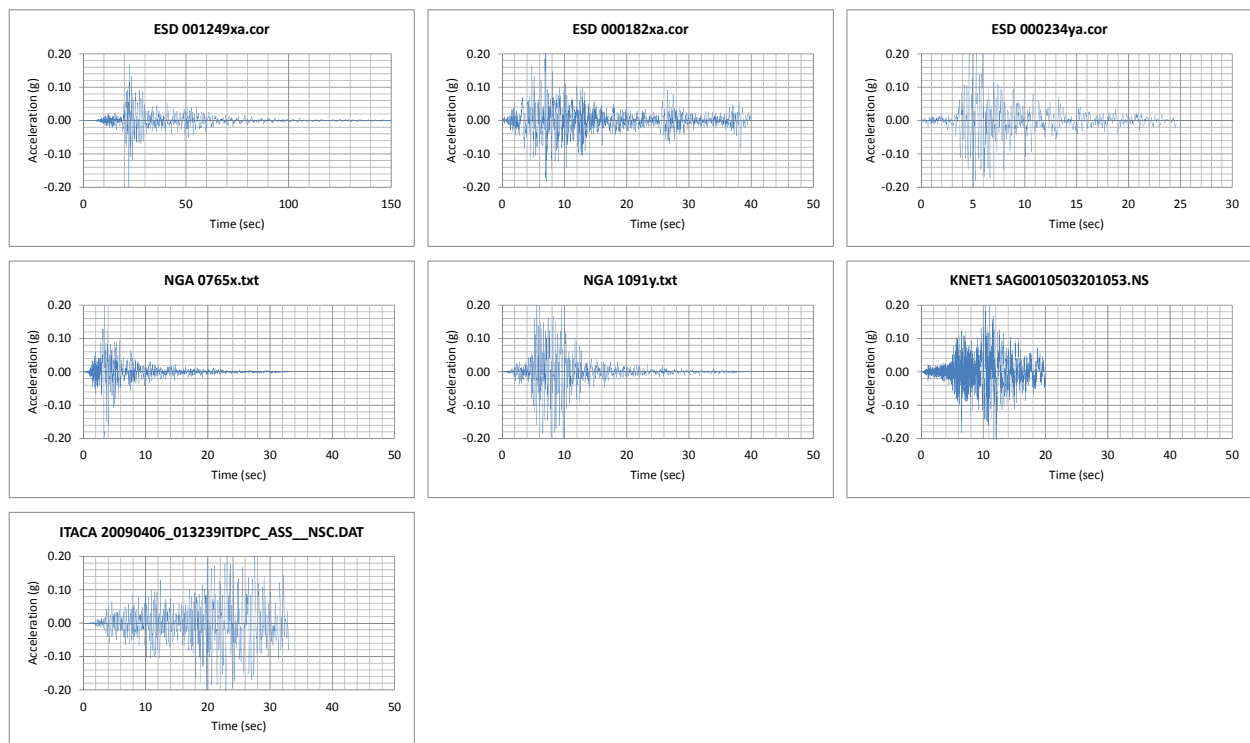
Il software utilizzato è "Proshake" della Edupro Civil Systems Inc. (Washington) di cui si possiede licenza d'uso.

Le ipotesi geometriche di queste analisi (modello monodimensionale) sono state le seguenti:

- 1 Stratificazione delle unità litologiche e superficie del substrato sismico orizzontali;
- 2 Volume di terreno considerato sufficientemente lontano dai fianchi di unità la pendenza dei quali deve risultare modesta in modo da rendere minimi gli effetti monodimensionali;
- 3 Dimensioni orizzontali delle unità elevate rispetto allo spessore.

In seguito verranno descritti i risultati ottenuti utilizzando il software indicato, rappresentati da spettri di risposta elastici per smorzamento strutturale del 5% e fattori di amplificazione ricavati sulla base dei dati in precedenza indicati per l'analisi sismica di sito.

Come input dati vengono utilizzati gli accelerogrammi indicati al § precedente scalati all'accelerazione indicata per lo stato limite SLV e cioè **0.216 g**, i log in V_s , G e densità oltre alla colonna stratigrafica dei materiali discretizzati e le curve caratteristiche G/γ e D/γ .

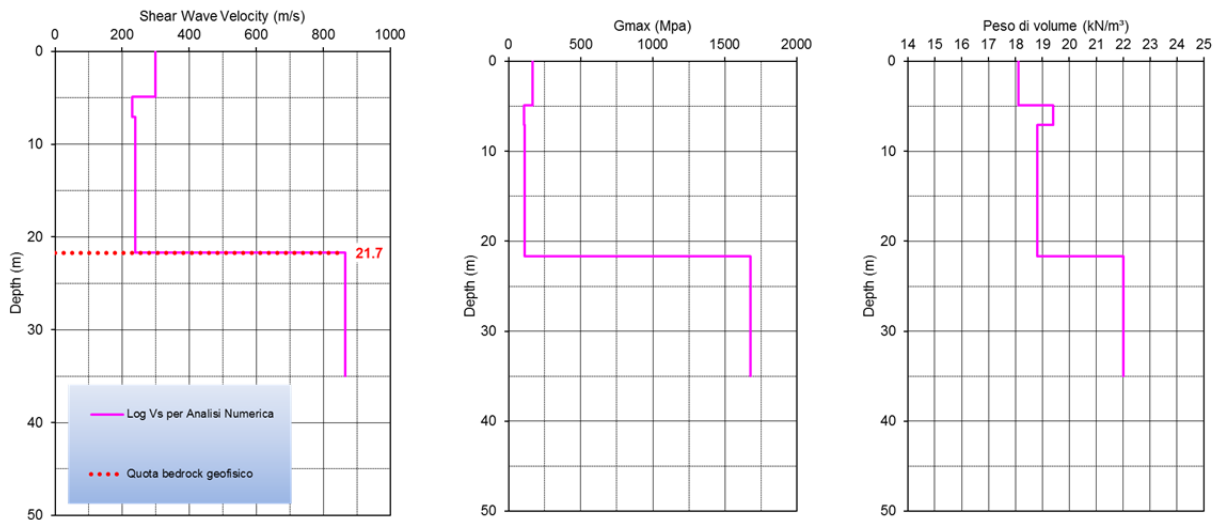


4.3. ANALISI NUMERICA

L'analisi numerica puntuale viene effettuata sulla verticale del sondaggio S2 ed utilizza la parametrizzazione geotecnica e sismica relativa a vari orizzonti su una interfaccia basale (bedrock geofisico) posta a 21.70 m con Vs=variabile.

E' da rilevare che il primo orizzonte, attualmente non presente, è rappresentato dal materiale del ritombamento (Unità litostratigrafica 0) al quale sono stati attribuiti i parametri di densità utilizzando le prove di laboratorio sui campioni prelevati dal materiale che verrà utilizzato ed un valore di Vs di un materiale mediamente addensato.

I grafici utilizzati in Vs, G e densità sono riportati nelle figure seguenti per orizzonti discreti in funzione dei livelli litologici e geofisici significativi (vedasi tabella 2.1).



Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni si sono ricostruite le curve di decadimento del Modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e dello smorzamento ($D\%$) per i materiali di sito utilizzando le curve di letteratura impiegate per materiali alluvionali di età analoga (curve di Sun e Idriss) indicate nel paragrafo relativo al modello geotecnico del sito.

Input in Proshake

Profile Title:

No. of Layers:

Depth to Water Table: ft m

Summary Data

Layer No	Material Name	Thickness (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Gmax (MPa)	Vs (m/s)	Mod. Reduction Curve	Mod. Parameter	Damping Curve	Damping Parameter
1	Ritombamento	4.3	18.1	166.1	300.0	Clay - PI=10-20 (Sun et al.)		Clay - Average (Sun et al.)	
2	Ripoti	2.1	19.4	104.6	230.0	Clay - PI=5-10 (Sun et al.)		Clay - Upper Bound (Sun et al.)	
3	Limi e sabbie	14.7	18.8	110.4	240.0	Clay - PI=10-20 (Sun et al.)		Clay - Upper Bound (Sun et al.)	
4	Bisciaro	Infinite	22.0	1678.5	865.0	Rock (Idriss)		Rock (Idriss)	

La profondità della tavola d'acqua viene prevista a circa 10.4 m dalla quota piano di riferimento.

1615 - Muccia

Number	Description	Motion	Output	Shear Wave Velocity	Unit Weight
1	Ritombamento		●		
2	Riperti				
3	Limi e sabbie				
4	Bisciaro	●	●		

In Proshake l'output è stato calcolato al piano campagna, il punto in rosso corrisponde alla quota dell'input sismico (accelerogrammi) ed è necessaria l'analisi a questa quota allo scopo di ottenere i parametri numerici e le curve di amplificazione e gli spettri di risposta di sito.

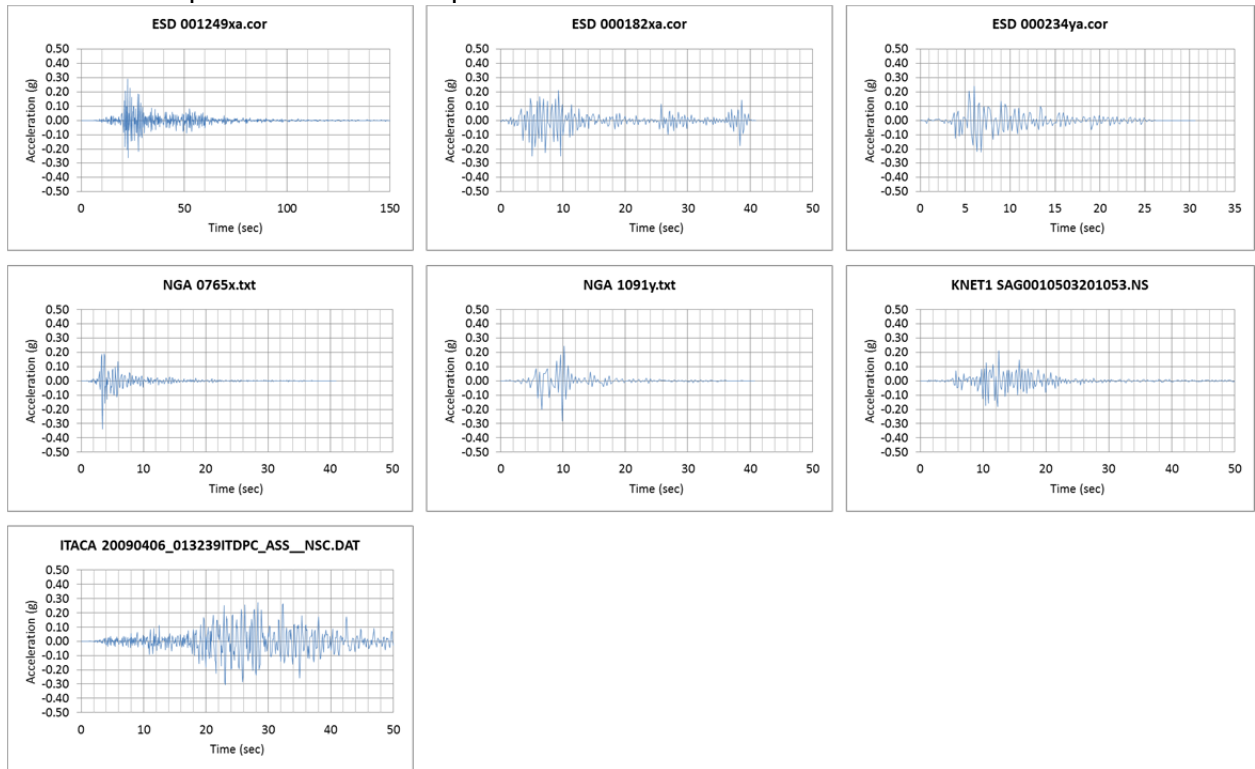
Alle pagine successive è riportato il report delle analisi numeriche eseguite per lo stato limite:

SLV con $a_g=0.216$ g.

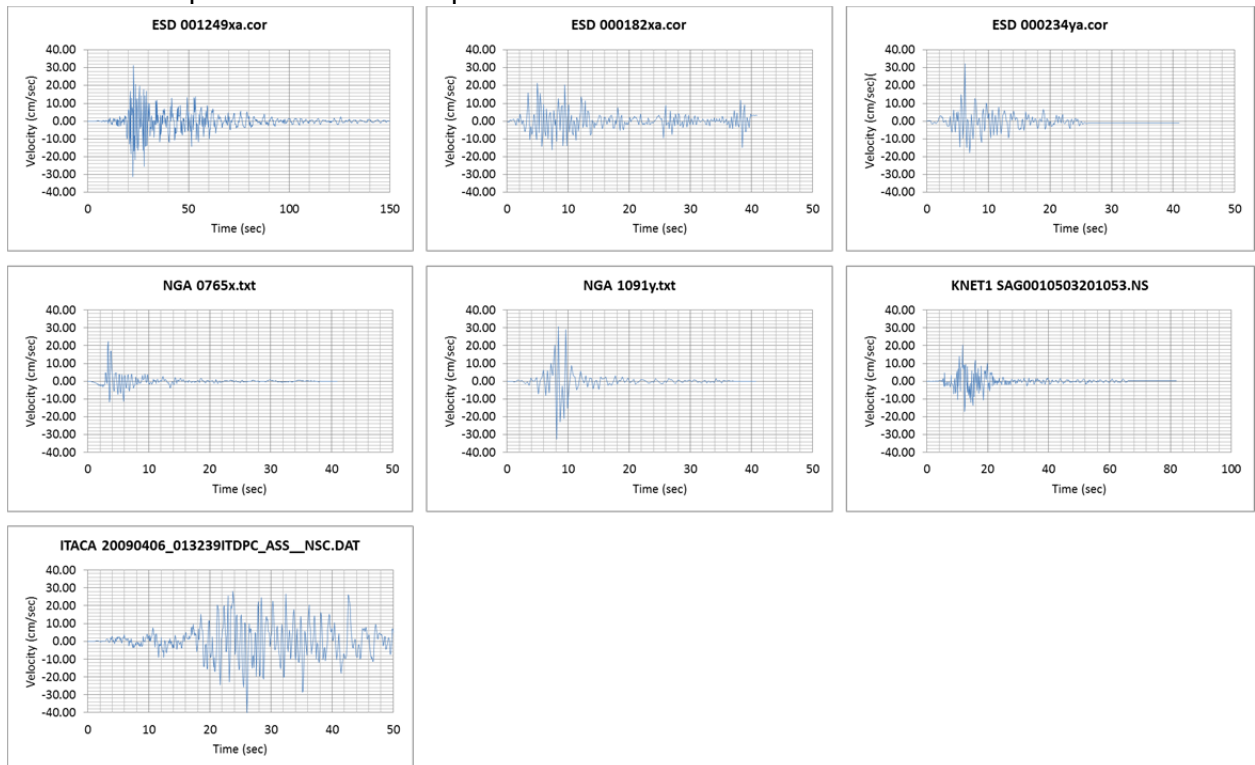
4.4. STATO LIMITE SLV

Dagli accelerogrammi normalizzati al valore di **0.216 g** si ottengono quelli convoluti al piano campagna in funzione dell'accelerazione (g) e della velocità (cm/sec).

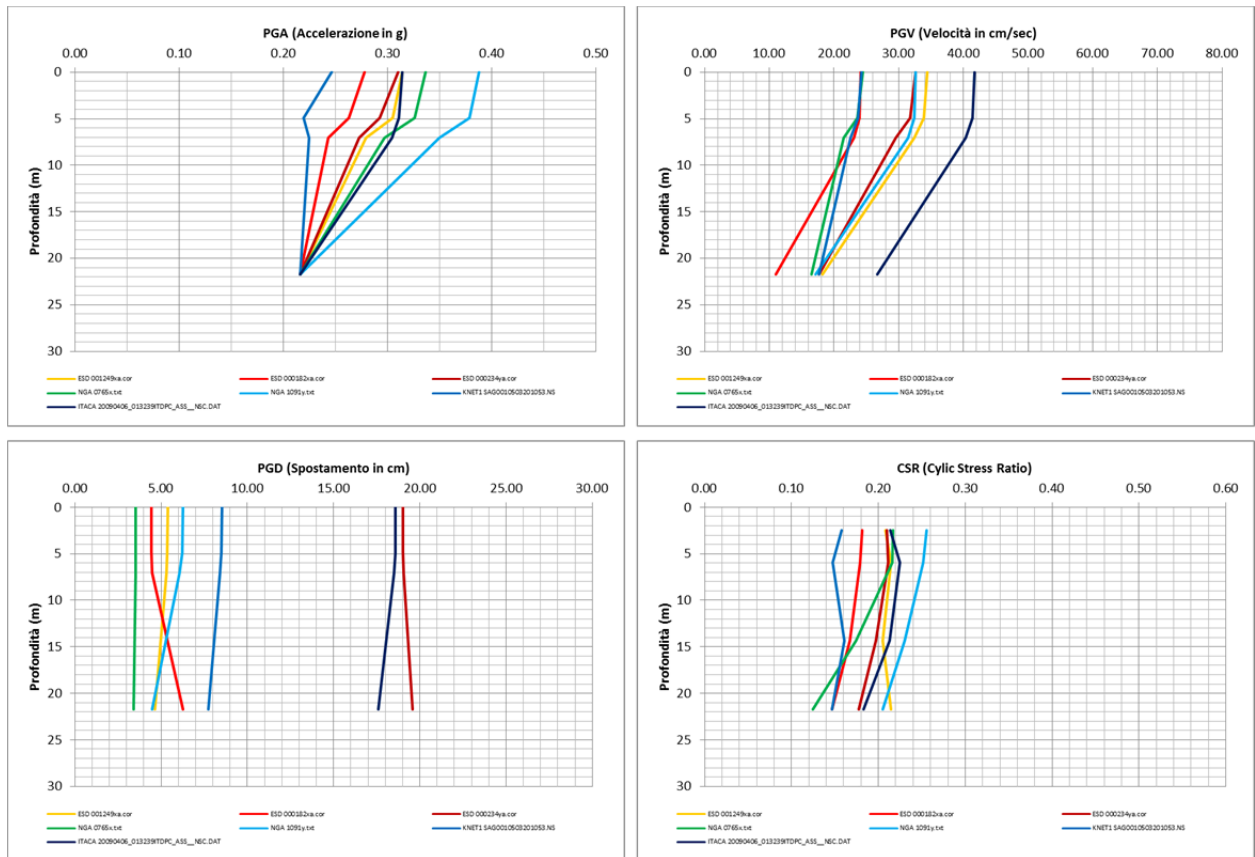
Serie temporali convolute tempo/accelerazione



Serie temporali convolute tempo/velocità



I logs dei PGA/profondità, PGV/profondità, PGD/Profondità e CSR/Profondità dei sette sismi sono rappresentati nei grafici seguenti dove in ordinata c'è la profondità (m) ed in ascissa rispettivamente l'accelerazione (g), la velocità (cm/sec) e lo spostamento (cm) ed il CSR.



Per lo stato limite **SLV** i valori delle accelerazioni massime **PGA**, di velocità massima **PGV**, di spostamento **PGD**, di **Intensità di ARIAS** e **Periodo predominante**, relativi agli accelerogrammi convoluti per PROSHAKE alle quote del piano campagna di progetto, sono i seguenti:

Accelerogramma	PGA	PGV	PGD	ARIAS	PERIODO
	g	m/sec	m	m/sec	sec
Sisma 1	0.31	0.34	0.05	2.54	0.50
Sisma 2	0.28	0.24	0.04	2.11	0.51
Sisma 3	0.31	0.33	0.19	1.32	0.49
Sisma 4	0.34	0.24	0.04	0.55	0.46
Sisma 5	0.39	0.33	0.06	1.94	0.63
Sisma 6	0.25	0.24	0.09	1.07	0.50
Sisma 7	0.31	0.42	0.19	4.69	0.66
Mediana	0.31	0.33	0.06	1.94	0.50

Per i vari sismi i valori della PGA_0 al bedrock sono i seguenti (in g).

Riferimento	Sisma 1	Sisma 2	Sisma 3	Sisma 4	Sisma 5	Sisma 6	Sisma 7
Bedrock	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216

I rapporti PGA/PGA_0 sono i seguenti.

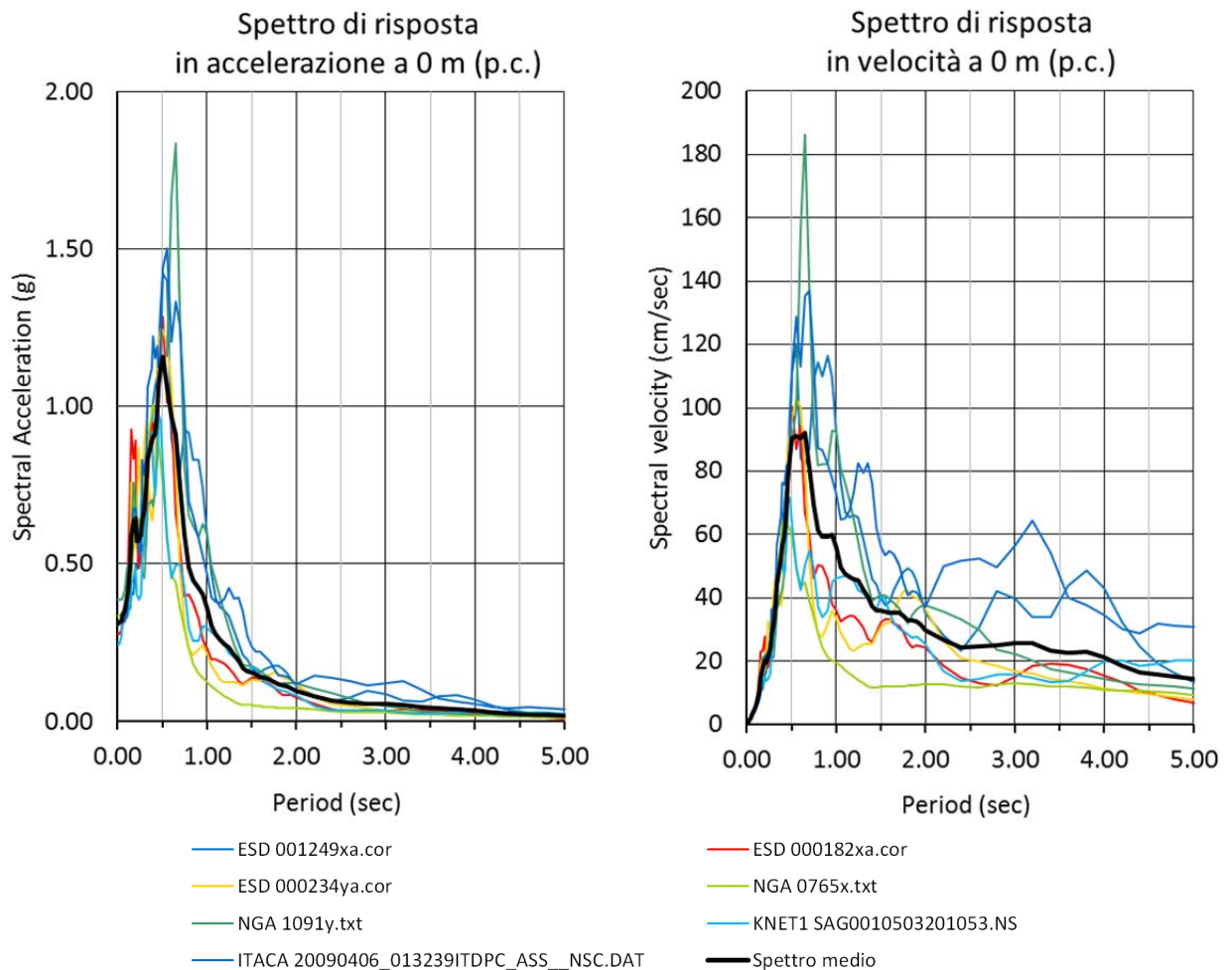
Riferimento	Sisma 1	Sisma 2	Sisma 3	Sisma 4	Sisma 5	Sisma 6	Sisma 7
p.c.	1.454	1.287	1.435	1.556	1.796	1.144	1.454

Lo **spettro di risposta di sito** viene sintetizzato nei seguenti grafici per i sette sismi relativamente alla accelerazione spettrale **PSA** ed alla velocità spettrale **PSV** per uno **smorzamento $\xi = 5.0\%$** , in nero è riportata la curva media di sintesi.

Nel grafico di sinistra sono riportati i 7 spettri delle accelerazioni spettrali **PSA**, in quello a destra è riportata le 7 curve del **PSV**, ossia della pseudovelocità spettrale; le ordinate sono rispettivamente in “g” e “cm/sec” ed in ascissa il periodo in sec.

La curva in nero rappresenta la curva dello spettro medio.

I grafici fanno riferimento alla quota del nuovo piano campagna in progetto.



I risultati di questa analisi sono utilizzabili per il calcolo del fattore **SI**, Intensità di Housner (g^2), come richiesto per l'analisi numerica, che è definito dalla relazione:

$$SI = \int_{T1}^{T2} PSV_{(\xi=5\%)} dt \quad \text{dove } \mathbf{PSV} \text{ è lo spettro di risposta in velocità}$$

L'Intensità di Housner (**SI**) è un indicatore della pericolosità sismica ed è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudo velocità in un intervallo prefissato di frequenze ed è direttamente correlabile all'energia che viene dissipata nelle strutture durante un terremoto, e quindi espressione del possibile grado di danneggiamento subito dagli edifici.

Proshake fornisce il valore dell'Intensità di Housner nell'intervallo tra **0.1 e 2.5 sec** (tra 0.4 Hz e 10 Hz) con smorzamento ξ del 5% integrando lo spettro in pseudovelocità PSV, riportato nei grafici precedenti, in quel range di primaria importanza per le strutture.

Per i vari sismi i valori dell'**Intensità di Housner SI** sono i seguenti:

Riferimento	Sisma 1	Sisma 2	Sisma 3	Sisma 4	Sisma 5	Sisma 6	Sisma 7
p.c.	3.941	2.499	2.500	1.502	3.840	2.388	4.270

Per i vari sismi i valori dell'**Intensità di Housner SI₀** al bedrock sono i seguenti.

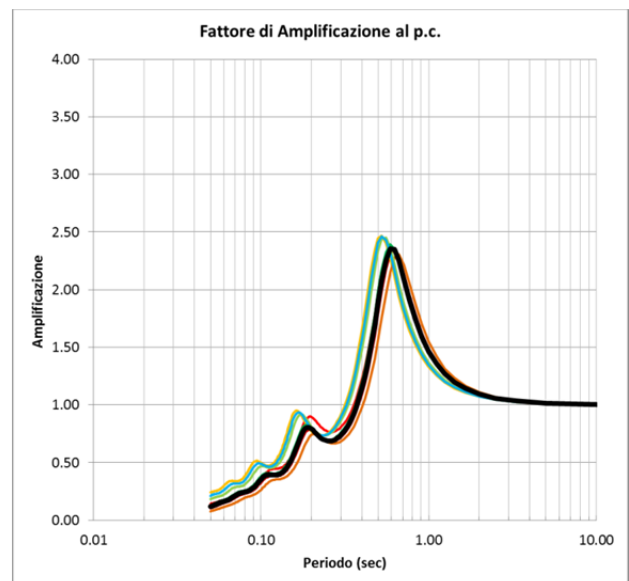
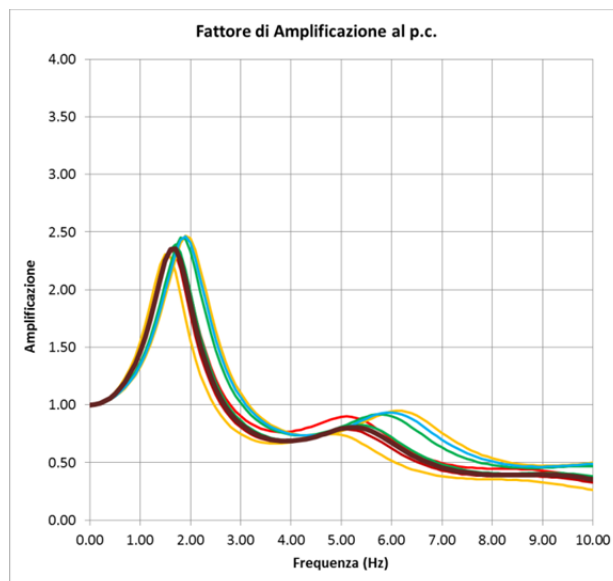
Riferimento	Sisma 1	Sisma 2	Sisma 3	Sisma 4	Sisma 5	Sisma 6	Sisma 7
Bedrock	2.403	1.472	1.529	0.853	1.988	1.597	2.674

I rapporti **SI/SI₀** sono i seguenti.

Riferimento	Sisma 1	Sisma 2	Sisma 3	Sisma 4	Sisma 5	Sisma 6	Sisma 7
p.c.	1.640	1.698	1.635	1.761	1.932	1.495	1.597

Nei grafici seguenti viene presentato il **Fattore di Amplificazione** con ascissa in frequenza (hz) che periodo (sec).

Superficie di riferimento = 0 m – progetto di rimodellamento



- Media
- ITACA 20090406_013239ITDPC_ASS__NSC.DAT
- KNET1 SAG0010503201053.NS
- NGA 1091y.txt
- NGA 0765x.txt
- ESD 000234ya.cor
- ESD 000182xa.cor
- ESD 001249xa.cor

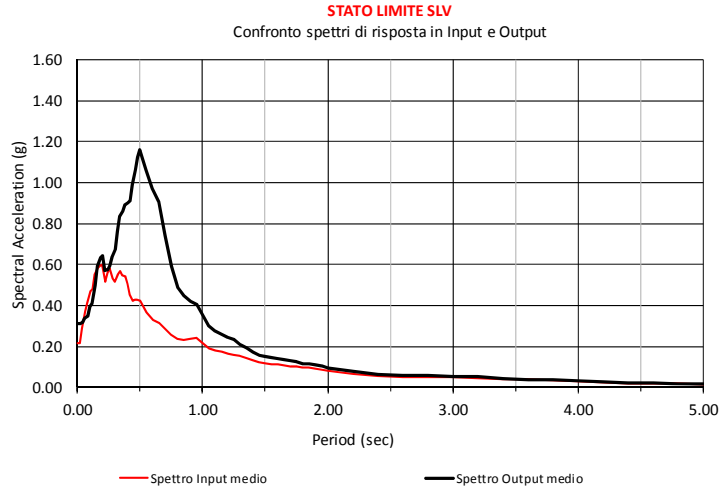
Per la seguente frequenza si rileva il picco massimo del fattore di amplificazione medio Fa:

f = 1.6 hz - Fa_{max} = 2.3



4.5. SINTESI DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA SLV

Nei grafici e tabelle seguenti sono riportati, per lo stato limite considerato, gli spettri di risposta in accelerazione spettrale in input ed output.



Spettro in Input

sec	g
0.001	0.216
0.010	0.216
0.020	0.219
0.040	0.290
0.060	0.371
0.080	0.414
0.100	0.472
0.120	0.479
0.140	0.552
0.160	0.584
0.180	0.592
0.200	0.599
0.220	0.517
0.240	0.556
0.260	0.585
0.280	0.531
0.300	0.515
0.320	0.555
0.340	0.569
0.360	0.549
0.380	0.545
0.400	0.509
0.420	0.453
0.440	0.426
0.460	0.431
0.480	0.429
0.500	0.424
0.550	0.366
0.600	0.331
0.650	0.316
0.700	0.290
0.750	0.257
0.800	0.238
0.850	0.231
0.900	0.237
0.950	0.241
1.000	0.217

sec	g
1.050	0.181
1.100	0.176
1.150	0.166
1.200	0.160
1.250	0.154
1.300	0.144
1.350	0.132
1.400	0.124
1.450	0.120
1.500	0.115
1.550	0.111
1.600	0.109
1.650	0.105
1.700	0.101
1.750	0.097
1.800	0.096
1.850	0.093
1.900	0.088
1.950	0.081
2.000	0.066
2.200	0.057
2.400	0.054
2.600	0.053
2.800	0.051
3.000	0.048
3.200	0.043
3.400	0.039
3.600	0.037
3.800	0.033
4.000	0.027
4.200	0.022
4.400	0.020
4.600	0.018
4.800	0.017
5.000	0.016
5.200	0.015
5.400	0.014

sec	g
5.600	0.014
5.800	0.014
6.000	0.014
6.200	0.013
6.400	0.012
6.600	0.011
6.800	0.010
7.000	0.010
7.200	0.009
7.400	0.008
7.600	0.008
7.800	0.007
8.000	0.006
8.200	0.006
8.400	0.005
8.600	0.005
8.800	0.005
9.000	0.004
9.200	0.004
9.400	0.004
9.600	0.003
9.800	0.003
10.000	0.003

Spettro in Output

sec	g
0.001	0.313
0.010	0.312
0.020	0.313
0.040	0.319
0.060	0.337
0.080	0.351
0.100	0.394
0.120	0.413
0.140	0.496
0.160	0.589
0.180	0.633
0.200	0.646
0.220	0.572
0.240	0.574
0.260	0.595
0.280	0.639
0.300	0.673
0.320	0.762
0.340	0.834
0.360	0.861
0.380	0.893
0.400	0.904
0.420	0.911
0.440	0.988
0.460	1.063
0.480	1.123
0.500	1.159
0.550	1.061
0.600	0.967
0.650	0.909
0.700	0.743
0.750	0.594
0.800	0.490
0.850	0.447
0.900	0.423
0.950	0.404
1.000	0.359

sec	g
1.050	0.304
1.100	0.277
1.150	0.259
1.200	0.246
1.250	0.234
1.300	0.209
1.350	0.192
1.400	0.171
1.450	0.159
1.500	0.154
1.550	0.147
1.600	0.141
1.650	0.137
1.700	0.133
1.750	0.126
1.800	0.118
1.850	0.114
1.900	0.110
1.950	0.104
2.000	0.096
2.200	0.078
2.400	0.065
2.600	0.061
2.800	0.057
3.000	0.055
3.200	0.052
3.400	0.044
3.600	0.041
3.800	0.039
4.000	0.034
4.200	0.029
4.400	0.024
4.600	0.022
4.800	0.020
5.000	0.018
5.200	0.017
5.400	0.016

PROGEO
Dott. Maurizio Furani

