

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

**LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA-PRAIA
LOTTO1B ROMAGNANO-BUONABITACOLO**

Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RC2A B1 R 11 RH GE0006 003 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. F. Rotunno	Dic 2021	G. Scasserra	Dic. 2021	I. D'Amore	Dic. 2021	L. Berardi Luglio 2023
B	Emissione esecutiva	A. F. Rotunno 	Luglio 2023	G. Scasserra 	Luglio 2023	I. D'Amore 	Luglio 2023	

File: RC2AB1R11RHGE0006003B.DOC

n. Elab.: X

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI	4
2.1	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	4
2.2	SOFTWARE.....	4
3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	6
4	INDIVIDUAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SPETTROCOMPATIBILI	10
5	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	19
5.1	ANALISI LINEARI EQUIVALENTI	20
5.2	ANALISI NON-LINEARI	20
5.3	INPUT ANALISI NON LINEARI	23
5.3.1	<i>Deconvoluzione</i>	23
5.3.2	<i>Profilo di velocità delle onde di taglio</i>	24
5.3.3	<i>Curve di decadimento, rapporti di smorzamento e tensione tangenziale limite</i>	25
5.3.4	<i>Parametri meccanici in input</i>	26
5.4	RISULTATI ANALISI NON-LINEARI	27
5.5	CONFRONTO CON RISULTATI DA ANALISI LINEARI EQUIVALENTI	31
6	CONCLUSIONI E SINTESI ACCELERAZIONI DI PROGETTO	32

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A	FOGLIO 3 di 32

1 PREMESSA

Nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica della nuova linea AV Salerno-Reggio Calabria circa 30 km del tracciato ferroviario in oggetto attraversano un lungo tratto pianeggiante noto come "Vallo di Diano".

Tale tratto è caratterizzato da un assetto litostratigrafico comprendente, in quasi tutto il riempimento visibile e affiorante del Vallo di Diano, la facies lacustre di argille grigie e nerastre (unità denominata "PADe2" in Relazione Geotecnica delle Opere all'Aperto), e, in minima parte, la facies eteropica di conoide alluvionale, con depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi in matrice sabbioso-limosa (unità denominata "PADb" in Relazione Geotecnica delle Opere all'Aperto).

Al fine di calibrare la risposta del modello geotecnico di sottosuolo agli input sismici connessi alla elevata sismicità dell'Appennino meridionale, è stata effettuata una specifica analisi di risposta sismica locale i cui risultati, visto l'assetto morfologico e litostratigrafico dell'area, potranno essere utilizzati per il predimensionamento delle opere e degli interventi ivi in progetto.

La presente Relazione è così suddivisa:

- Al paragrafo 3 si richiamano gli aspetti relativi alla pericolosità sismica di base
- Al paragrafo 4 viene riportata una sintesi circa la selezione degli input accelerometrici utilizzati nelle analisi numeriche
- Al paragrafo 5 viene quindi illustrato l'approccio metodologico e i rispettivi risultati numerici rappresentativi l'area oggetto di studio
- Al paragrafo 6 vengono infine esposte le conclusioni del presente studio. Sono inoltre richiamati i parametri, in termini di accelerazione, che sono utilizzati nel predimensionamento delle opere e degli interventi ricadenti nel Vallo di Diano.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

2 RIFERIMENTI

2.1 Riferimenti bibliografici

- [1] Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-e. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>
- [2] Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.
- [3] Stafford, P. J., Berrill, J. B., & Pettinga, J. R. (2009). New predictive equations for Arias intensity from crustal earthquakes in New Zealand. *Journal of Seismology*, 13(1), 31-52.
- [4] Housner, G. W. (1952). Intensity of ground motion during strong earthquakes.
- [5] Vucetic, M., & Dobry, R. (1991). Effect of soil plasticity on cyclic response. *J. Geotech. Engng* 117, No. 1, 89-107.
- [6] Rollins, Kyle M., et al. Shear modulus and damping relationships for gravels. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 124.5 (1998): 396-405.
- [7] AGI. (2005). Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee Guida AGI. Associazione Geotecnica Italiana. Pàtron, Bologna.
- [8] Amicucci, L., Barchi, M. R., Montone, P., & Rubiliani, N. (2008). The Vallo di Diano and Auletta extensional basins in the southern Apennines (Italy): a simple model for a complex setting. *Terra Nova*, 20(6), 475-482.
- [9] Bruno, P. P., Improta, L., Castiello, A., Villani, F., & Montone, P. (2010). The Vallo di Diano Fault System: new evidence for an active range-bounding fault in southern Italy using shallow, high-resolution seismic profiling. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(2), 882-890.
- [10] Phillips, C., & Hashash, Y. M. (2009). Damping formulation for nonlinear 1D site response analyses. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29(7), 1143-1158.

2.2 Software

- [11] Hashash, Y.M.A., Musgrove, M.I., Harmon, J.A., Ilhan, O., Xing, G., Numanoglu, O., Groholski, D.R., Phillips, C.A., and Park, D. (2020). "DEEPSOIL 7, User Manual". Urbana, IL, Board of Trustees of University of Illinois at Urbana-Champaign.
- [12] Kottke, Albert R., and Ellen M. Rathje. (2008). "Technical manual for Strata." Report No.: 2008/10. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley
- [13] Sgobba, S., Puglia, R., Pacor F., Luzi, L., Russo, E., Felicetta, C., Lanzano, G., D'Amico, M., Baraschino, R., Baltzopoulos, G., Iervolino, I. REXELweb: a tool for selection of ground-motion records

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</p>					
<p>Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano</p>	<p>COMMESSA RC2E</p>	<p>LOTTO B1</p>	<p>CODIFICA R 11 RH</p>	<p>DOCUMENTO GE 0006 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 5 di 32</p>

from the Engineering Strong Motion database (ESM). 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (ICEGE) 17 - 20 June 2019, Roma, Italy.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Per la determinazione della pericolosità sismica di base è necessario partire dall'ubicazione dell'opera e dalle caratteristiche tipiche di vita nominale (VN) e di Classe d'Uso. In Tabella 3.1 si riportano le coordinate che definiscono la posizione dell'opera e in Tabella 3.2 sono elencate le principali caratteristiche sismiche dell'opera in termini di vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento.

Tabella 3.1 – Coordinate dell'Opera.

	Coord.
Latitudine	40.467
Longitudine	15.527

Tabella 3.2 – Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento assunti per l'opera.

Vita Nominale V_N (anni)	Classe d'Uso (-)	Coeff. D'Uso (-)	Periodo di riferimento V_R (anni)
100	IV	2.0	200

Ai fini della definizione delle forme spettrali, per ciascuna probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , è necessario determinare i seguenti parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La Tabella 3.3 sintetizza i valori dei parametri appena descritti per ciascuno stato limite.

Tabella 3.3 - Parametri delle forme spettrali per ogni Stato Limite

Stato Limite	Tempo di Ritorno – T_R [anni]	Accelerazione Orizzontale Massima al sito – a_g [g]	Fattore di Amplificazione Massima – F_0 [-]	Periodo di Inizio tratto a vel. costante – T_C^* [s]
Operatività (SLO)	120	0.112	2.360	0.333
Danno (SLD)	201	0.145	2.357	0.347
Salvaguardia della Vita (SLV)	1898	0.392	2.402	0.421
Collasso (SLC)	2475	0.432	2.435	0.430

La Figura 3.1 riporta gli spettri di risposta elastici della componente orizzontale per ciascuno stato limite, con riferimento alla categoria di sottosuolo A e topografica T1.

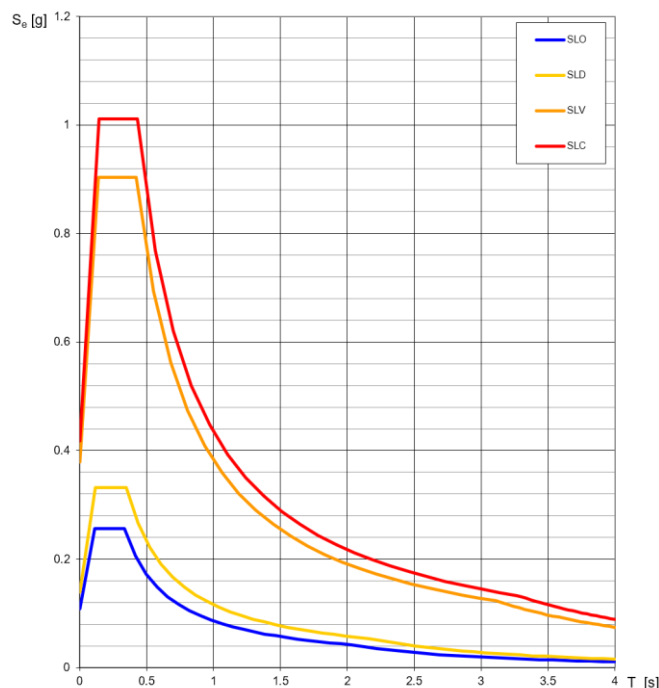


Figura 3.1 –Spettri di risposta elastici della componente orizzontale per ciascuno stato limite per categoria di sottosuolo A e topografica T1.

Oltre allo spettro di risposta, per la ricerca degli accelerogrammi spettrocompatibili è necessario comprendere statisticamente quali scenari in termini di parametri magnitudo-distanza contribuiscano maggiormente alla pericolosità sismica del sito. In particolare, appoggiandosi al portale dell'INGV [1] è possibile visionare gli scenari suddetti sulla base della probabilità di eccedenza (P_{VR}) in un periodo di riferimento (V_R) pari a 50 anni. La Figura 3.2 e la Figura 3.3 riportano rispettivamente la griglia di riferimento e i grafici di disaggregazione per ciascun punto della griglia che definisce il sito in esame.

Informazioni sul nodo con ID: 34774 - Latitudine: 40.467 - Longitudine: 15.527

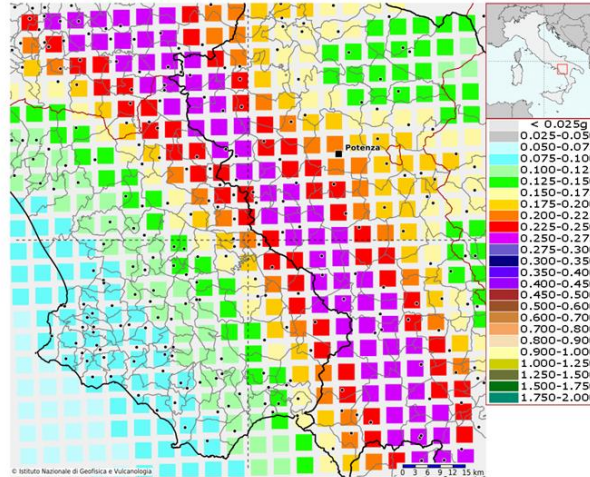


Figura 3.2 – Griglia normativa di pericolosità sismica di base.

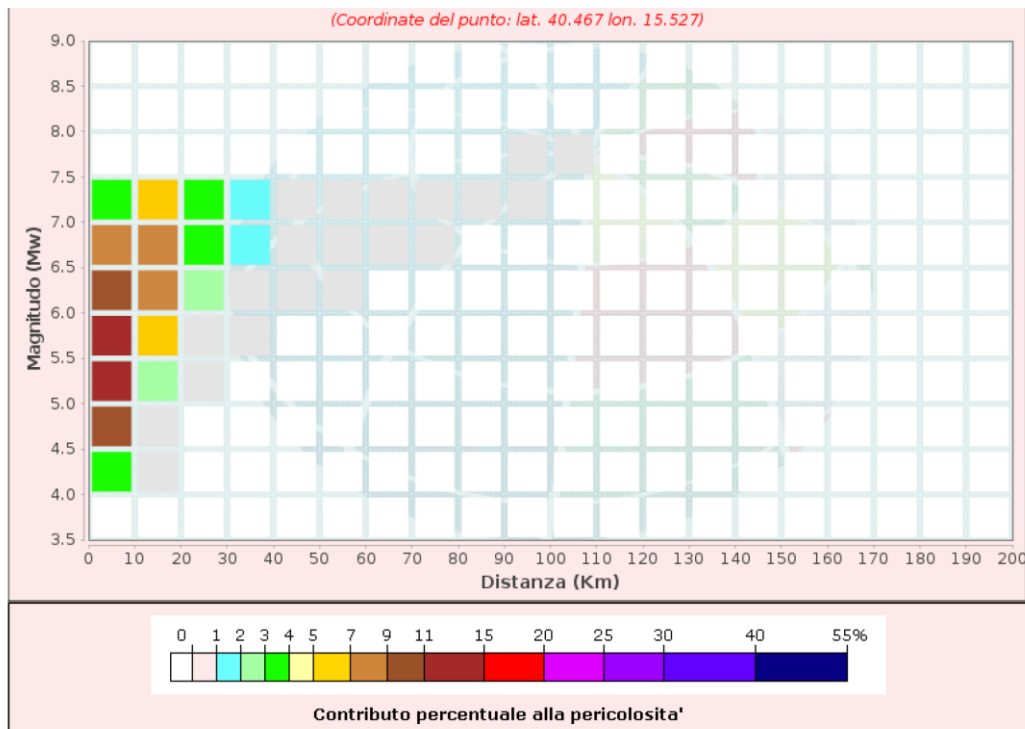


Figura 3.3 – Contributo percentuale alla pericolosità in termini di magnitudo e distanza per il sito in oggetto.

Sulla base dei risultati dell'analisi di disaggregazione la ricerca degli accelerogrammi spettrocompatibili è stata eseguita per i campi di variabilità magnitudo-distanza riportati di seguito in Tabella 3.4.

Tabella 3.4 – Scenari Magnitudo-Distanza di Riferimento.

	Min	Max
Magnitudo	5.5	7.0
Distanza [km]	0	50

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

4 INDIVIDUAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SPETTROCOMPATIBILI

Per la realizzazione di Analisi di Risposta Sismica locale si rende necessaria la selezione di un set di accelerogrammi di input che rappresentino correttamente la pericolosità sismica di base del sito, di per sé sintetizzata mediante lo spettro da normativa su suolo rigido affiorante orizzontale (Categoria di Sottosuolo A e topografica T1).

Le NTC 2018 al paragrafo §3.2.3.6 prescrivono infatti che *“L’uso di storie temporali del moto del terreno naturali o registrate è ammesso a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito.”* Inoltre *“L’uso di storie temporali del moto del terreno artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere o sistemi geotecnici.”*

Infine *“Le storie temporali del moto del terreno registrate devono essere selezionate e scalate in modo tale che i relativi spettri di risposta approssimino gli spettri di risposta elastici nel campo dei periodi propri di vibrazione di interesse per il problema in esame. Nello specifico la compatibilità con lo spettro di risposta elastico deve essere verificata in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi associati alle storie per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ del 5%. L’ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10% ed uno scarto in eccesso superiore al 30%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico in alcun punto dell’intervallo dei periodi propri di vibrazione di interesse per l’opera in esame per i diversi stati limite.”*

Verrà quindi selezionato un set di 7 accelerogrammi naturali, registrati su siti rigidi per eventi sismici di magnitudo e distanza dalla sorgente simili allo scenario di pericolosità sismica di base medio da disaggregazione, opportunamente scalati al fine di approssimare entro i limiti prescritti lo spettro da normativa su suolo rigido orizzontale.

Sulla base dello spettro di pericolosità sismica di base riferito allo SLV e degli scenari magnitudo-distanza (Tabella 3.4) è possibile procedere alla selezione di 7 accelerogrammi che siano mediamente spettrocompatibili. La spettrocompatibilità in direzione orizzontale sarà garantita per i periodi di interesse che sono valutati compresi tra 0.10 s e 2.00 s.

Tale ricerca verrà effettuata utilizzando gli eventi sismici presenti nell’ European Strong-motion Database (ESM) attraverso il software online REXELweb [13]. I valori dei principali parametri (magnitudo e distanza), utilizzati come input nel software per la ricerca dei segnali accelerometrici, corrispondono a quanto determinato al precedente paragrafo sulla base dell’analisi di disaggregazione della pericolosità sismica di base.

In Tabella 4.1 si riportano le caratteristiche dei segnali accelerometrici spettrocompatibili selezionati. Nell’ultima colonna sono riportati i fattori di scala utilizzati al fine di scalare l’accelerazione massima registrata dal segnale con l’accelerazione al suolo secondo spettro normativo di riferimento.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

Tabella 4.1 – Caratteristiche registrazioni segnali accelerometrici spettrocompatibili

Event Name	Event ID	Date (YYYYMMDD)	Event Latitude	Event Longitude	Depth [km]	Magnitude	Station Latitude	Station Longitude	PGA Scale Factor	
acc1	CENTRAL_ITALY	EMSC-20161030_0000029	20161030	42.83	13.11	9.2	6.5	42.70	13.23	1.014
acc2	IRPINIA	IT-1980-0012	19801123	40.76	15.31	15.0	6.9	40.56	15.39	6.766
acc3	CENTRAL_ITALY	EMSC-20161030_0000029	20161030	42.83	13.11	9.2	6.5	42.63	13.29	0.816
acc4	GREECE	EMSC-20140203_0000008	20140203	38.26	20.39	5.0	6.0	38.18	20.49	1.441
acc5	L_AQUILA	IT-2009-0009	20090406	42.34	13.38	8.3	6.1	42.34	13.40	1.067
acc6	CENTRAL_ITALY	EMSC-20160824_0000006	20160824	42.70	13.23	8.1	6.0	42.38	13.34	9.562
acc7	CENTRAL_ITALY	EMSC-20161030_0000029	20161030	42.83	13.11	9.2	6.5	42.56	12.97	7.085

Nelle figure che seguono si riportano, per i 7 accelerogrammi selezionati (già scalati rispetto alla PGA target da normativa), le storie temporali di accelerazione, velocità, spostamento, intensità di Arias [3] e di Housner [4]. Per ogni segnale vengono riportati nelle rispettive figure anche lo spettro di Fourier delle ampiezze e lo spettro di risposta elastico con smorzamento $\xi=5\%$.

La Figura 4.9 riporta la sovrapposizione tra spettro di normativa (spettro target) e spettro medio relativo ai 7 accelerogrammi selezionati, con la rappresentazione del range di tolleranza sulle ordinate spettrali (+30% e -10% dallo spettro target) e del campo di variabilità dei periodi in cui tale tolleranza risulta garantita. Lo spettro medio è quindi quello utilizzato come input nelle analisi riportate nei paragrafi che seguono.

In Tabella 4.2 si riportano i più significativi parametri sintetici del moto sismico per gli accelerogrammi selezionati. I simboli in tabella assumono il seguente significato: PGA è la *peak ground acceleration*; PGV è la *peak ground velocity*; PGD è il *peak ground displacement*.

Tabella 4.2 –PGA, PGV e PGD del moto sismico per gli accelerogrammi selezionati.

	PGA [g]	PGV [m/s]	PGD [m]
acc1	0.38	0.44	0.14
acc2	0.38	0.34	0.14
acc3	0.38	0.35	0.06
acc4	0.38	0.47	0.12
acc5	0.38	0.38	0.12
acc6	0.38	0.30	0.09
acc7	0.38	0.27	0.12

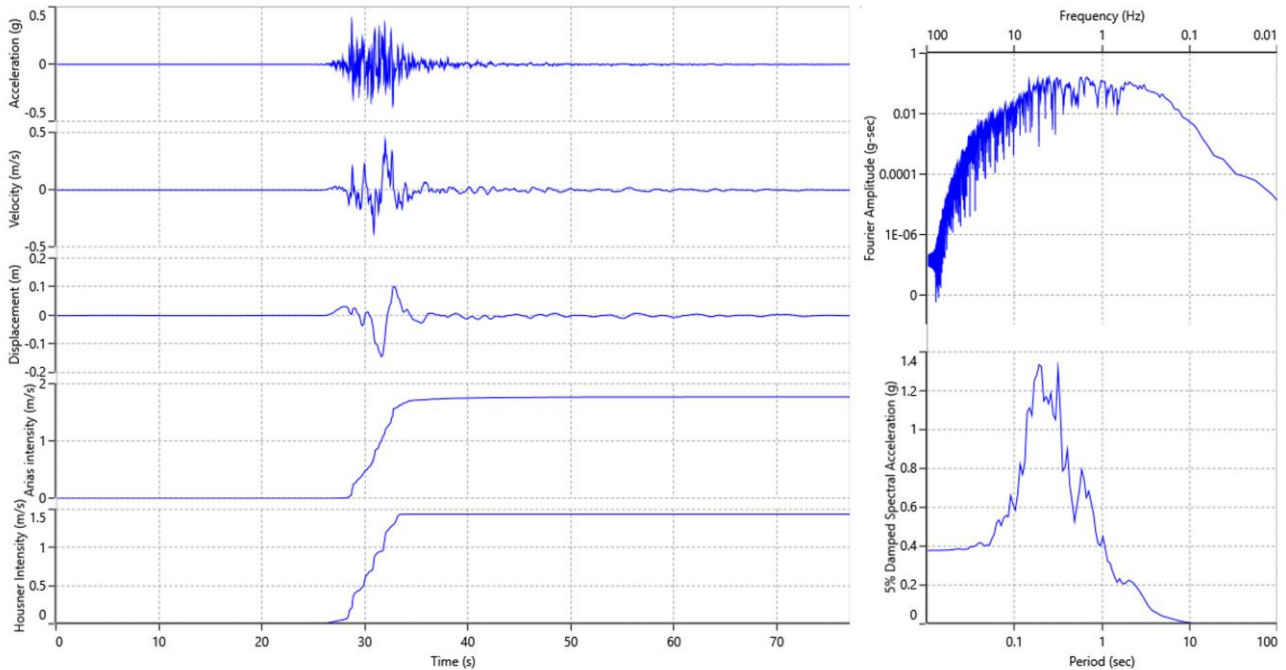


Figura 4.1 – Segnale n°1 (acc1), appartenente a set di 7 segnali spettrocompatibili con spettro normativo di riferimento.

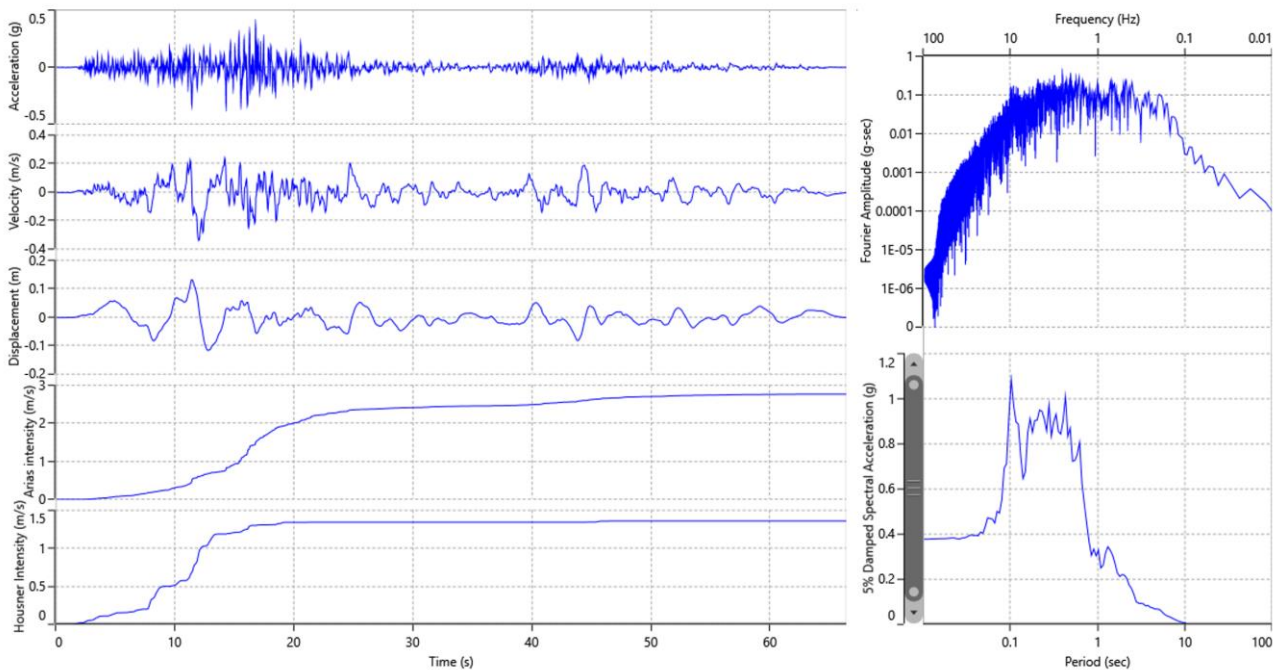


Figura 4.2 – Segnale n°2 (acc2), appartenente a set di 7 segnali spettrocompatibili con spettro normativo di riferimento.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2E	B1	R 11 RH	GE 0006 003	A	13 di 32

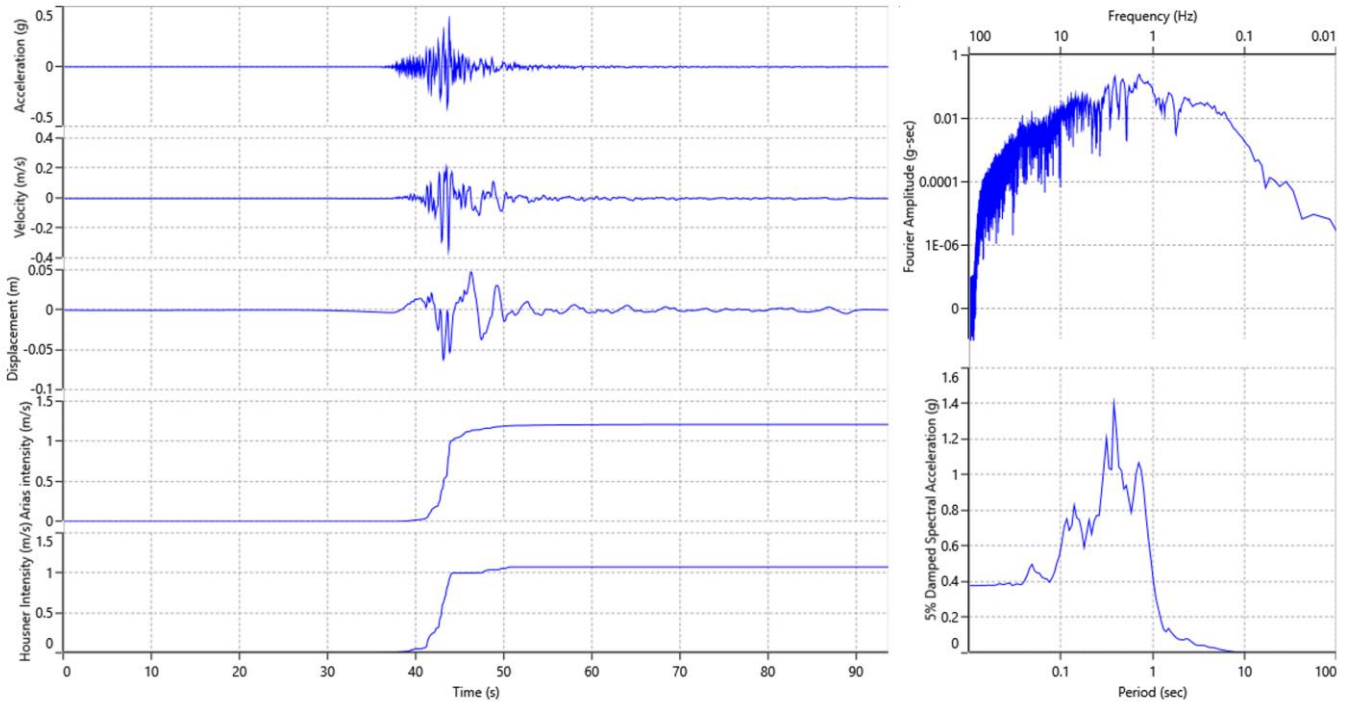


Figura 4.3 – Segnale n°3 (acc3), appartenente a set di 7 segnali spetrocompatibili con spettro normativo di riferimento.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2E	B1	R 11 RH	GE 0006 003	A	14 di 32

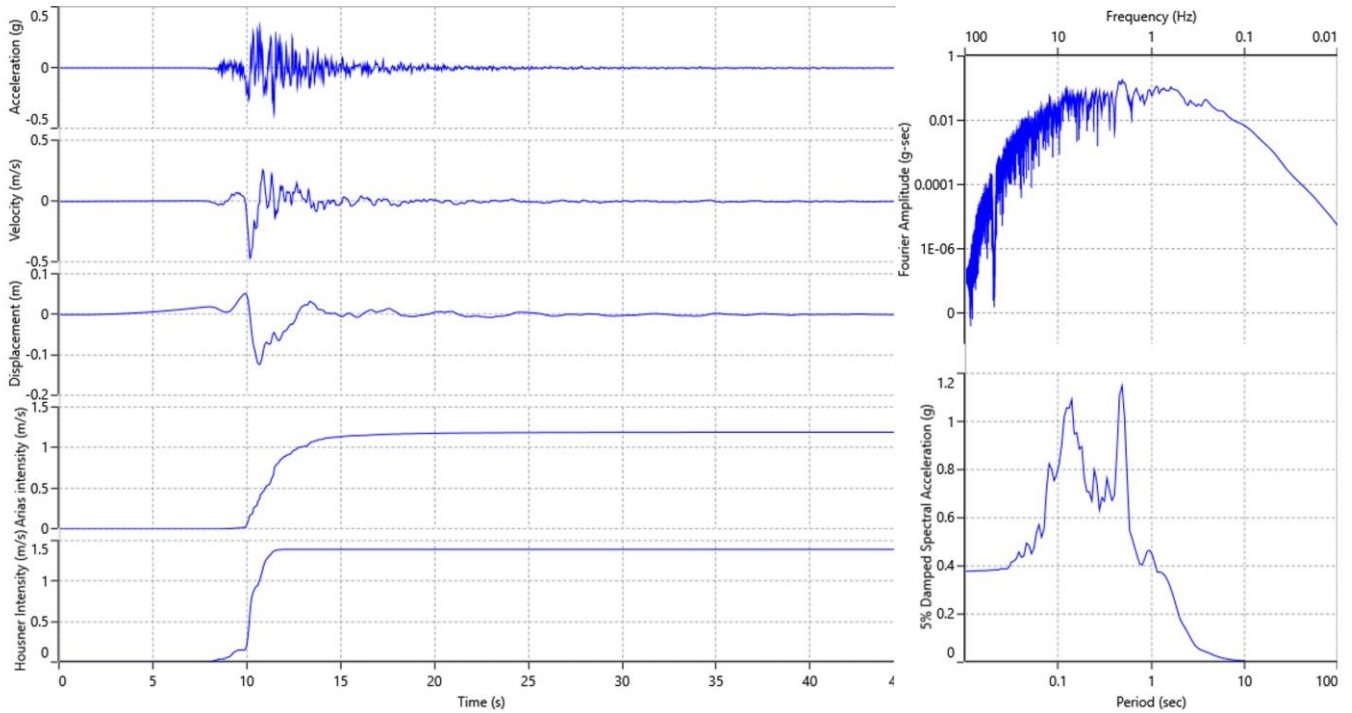


Figura 4.4 – Segnale n°4 (acc4), appartenente a set di 7 segnali spetrocompatibili con spettro normativo di riferimento.

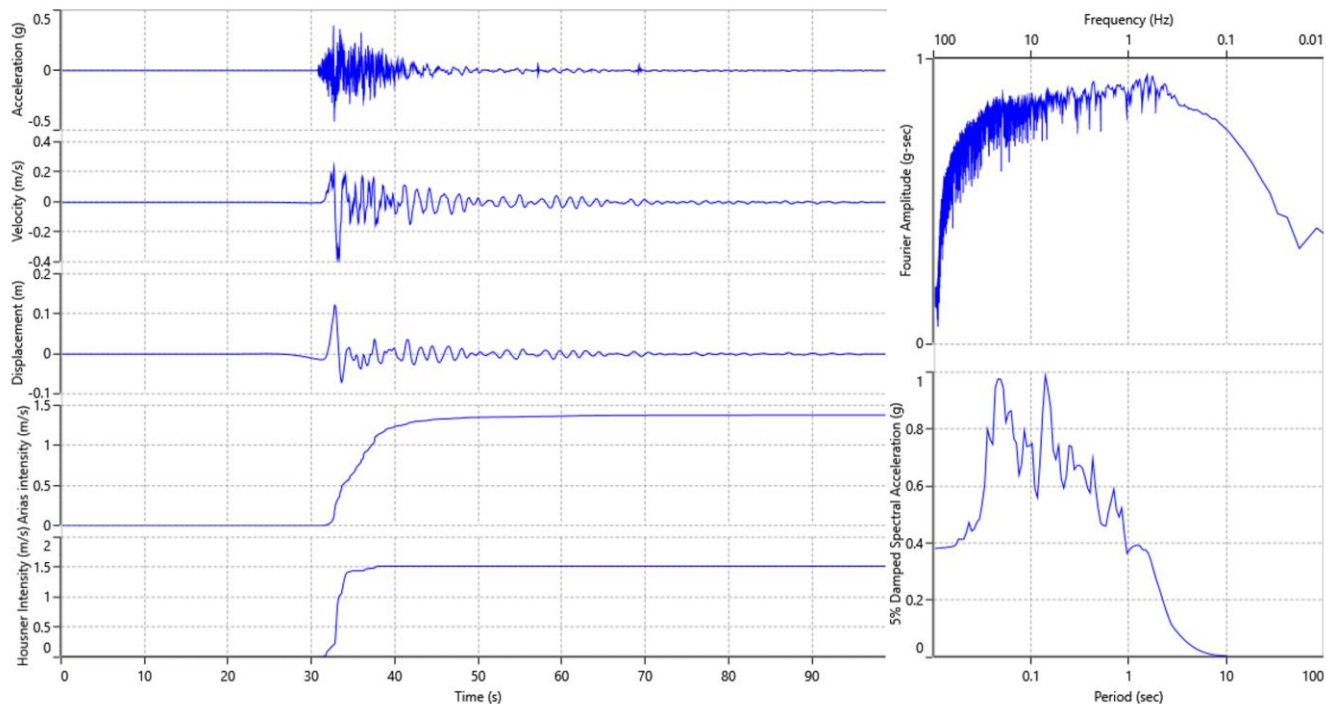


Figura 4.5 – Segnale n°5 (acc5), appartenente a set di 7 segnali spetrocompatibili con spettro normativo di riferimento.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2E	B1	R 11 RH	GE 0006 003	A	16 di 32

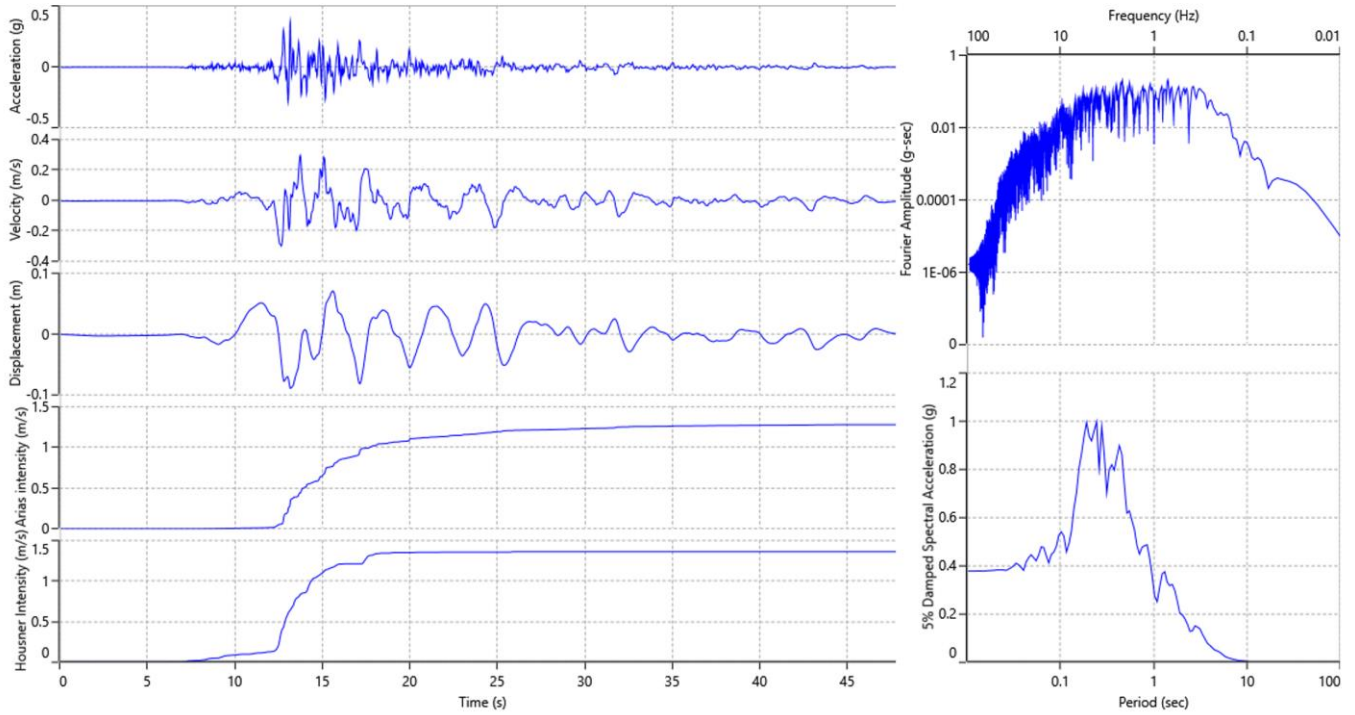


Figura 4.6 – Segnale n°6 (acc6), appartenente a set di 7 segnali spettrocompatibili con spettro normativo di riferimento.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2E	B1	R 11 RH	GE 0006 003	A	17 di 32

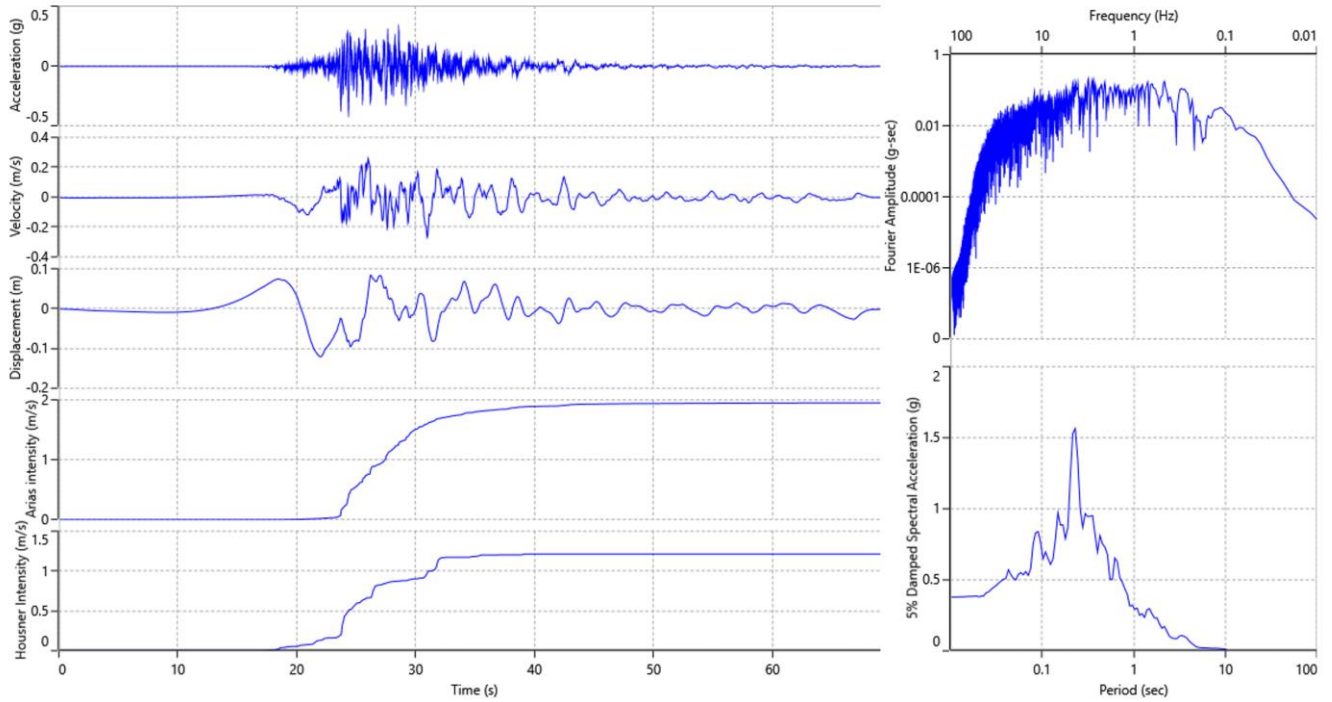


Figura 4.7 – Segnale n°7 (acc7), appartenente a set di 7 segnali spetrocompatibili con spettro normativo di riferimento.

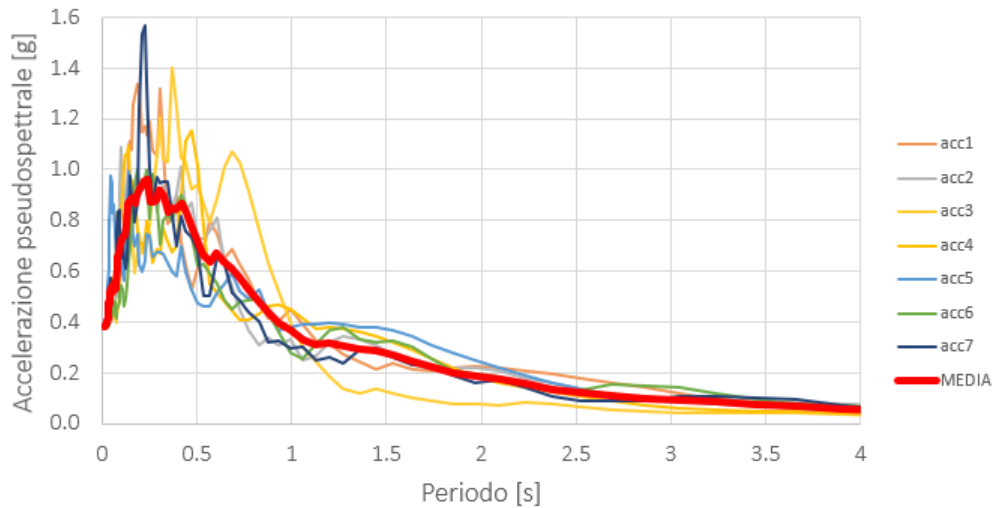


Figura 4.8 – Spettri di risposta elastici per i 7 accelerogrammi selezionati e relativo spettro di risposta medio (smorzamento $\xi=5\%$).

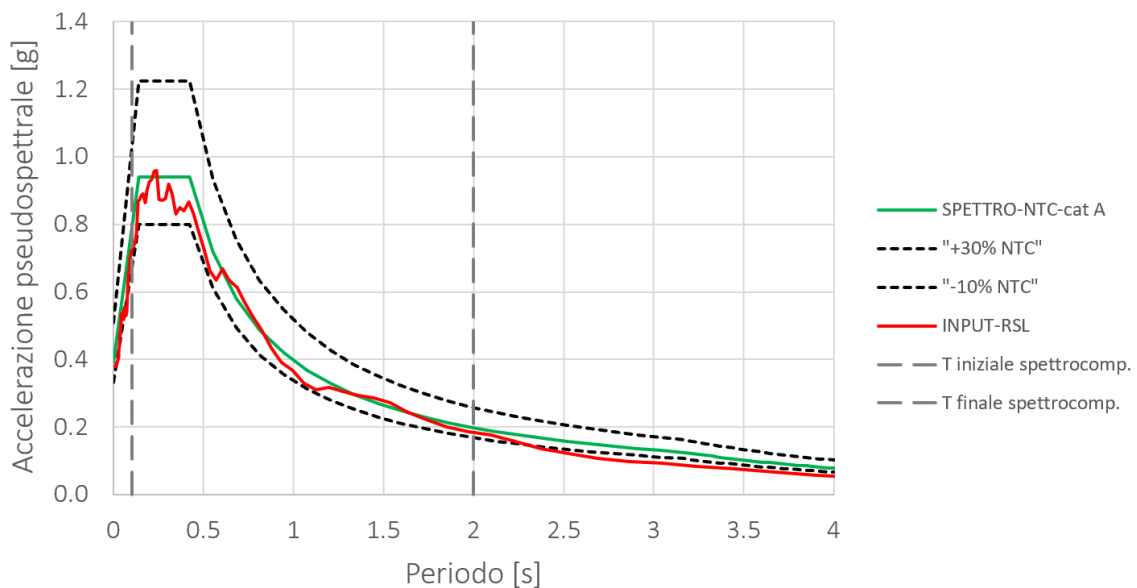


Figura 4.9 – Spettro medio relativo ai 7 accelerogrammi selezionati sovrapposto allo spettro da normativa (target).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

5 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il moto generato da un evento sismico in superficie dipende da un insieme di fenomeni fisici che possono essere ragionevolmente raggruppati nelle categorie: (1) meccanismo di sorgente, (2) propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e (3) effetti di sito. Le prime due categorie afferiscono al moto sismico “in ingresso” per il sito di interesse. Tale moto può subire modifiche significative, a causa dell’interazione delle onde sismiche con le condizioni locali proprie del sito in esame. Queste ultime indicano sia l’insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche dei depositi di terreno sia le proprietà fisico-meccaniche dei materiali che li costituiscono. La valutazione quantitativa delle modifiche subite dal moto sismico di ingresso al sito, si indica con il termine di *effetti di sito* o *risposta sismica locale*. Il moto risultante alla superficie del deposito in condizioni di campo libero (*free-field motion*), cioè di assenza di manufatti, in generale differisce dal moto al basamento roccioso (*bedrock motion*) in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza.

Le situazioni stratigrafiche e morfologiche in cui le condizioni locali possono determinare una modifica del segnale sismico sono essenzialmente tre (Figura 5.1): (i) depositi a superficie libera piana, caratterizzati da stratificazione sostanzialmente orizzontale e trascurabili variazioni laterali, in cui si propagano onde di volume in direzione sub-verticale (effetti stratigrafici 1D); (ii) depositi di valle con bordi e morfologie del substrato irregolari, dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione, con generazione di onde di superficie (effetti di bordo o di valle); (iii) rilievi isolati, pendii e canyons dove si verificano fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche per effetto della particolare morfologia superficiale (effetti topografici).

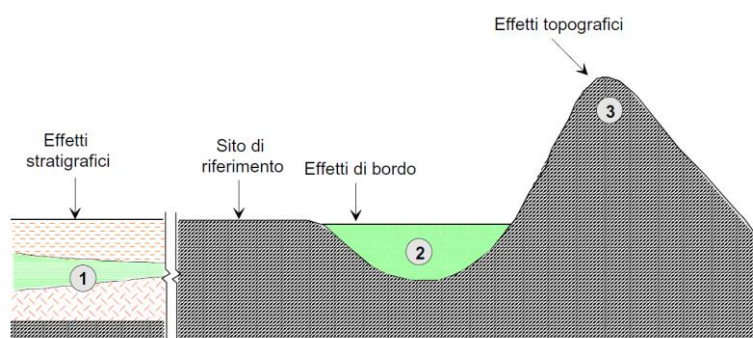


Figura 5.1 – Tipiche configurazioni responsabili di effetti di sito (stratigrafici, di bordo e topografici), rispetto ad un sito roccioso di riferimento con superficie libera orizzontale [7].

Al fine di cogliere le modifiche del moto sismico correlabili alla stratigrafia (effetti stratigrafici 1D), nel presente capitolo si riporta l’analisi di risposta locale realizzata con riferimento alla verticale di indagine relativa al sondaggio geonostico S14-L1B.

Tale approccio monodimensionale, sebbene in generale sia semplificativo, nel presente caso è pienamente coerente con la morfologia e le condizioni lito-stratigrafiche riscontrate per il Vallo di Diano.

Le analisi di risposta sismica locale monodimensionale sono state condotte con il software **Deepsoil** [11] impiegando un **modello non-lineare**, considerando come input sismici i n.7 accelerogrammi selezionati applicati in

corrispondenza dell'affioramento roccioso (*outcrop*). Un confronto dei risultati ottenuti è stato infine effettuato con il modello lineare equivalente considerando come input sismici i medesimi accelerogrammi.

5.1 Analisi lineari equivalenti

L'analisi di risposta sismica locale è stata condotta impiegando un modello lineare equivalente, il quale consente di portare in conto, in modo semplificato, della non linearità del comportamento dei terreni. In tale metodo si continua a far riferimento ad un modello visco-elastico lineare per il terreno, in cui però i parametri di rigidezza (G) e di smorzamento (D) risultano compatibili con il livello di deformazione indotto dal sisma (γ). L'idea alla base dei modelli lineari equivalenti è quella di definire i parametri $G(\gamma_{eq})$ e $\xi(\gamma_{eq})$, costanti durante l'analisi, note le curve di decadimento $G(\gamma)$ e di smorzamento $\xi(\gamma)$ dei materiali. Il criterio di equivalenza che si introduce al fine di definire la deformazione di scorrimento equivalente (γ_{eq}), partendo dalla storia temporale $\gamma(t)$, è quello proposto da Idriss e Sun (1992) attraverso la seguente relazione:

$$\gamma_{eq} = [(M-1)/10] \gamma_{max}$$

dove M è la magnitudo di riferimento e γ_{max} è il valore massimo della deformazione di scorrimento indotta dall'input sismico considerato. Poiché il livello di deformazione calcolato attraverso il metodo lineare equivalente dipende dai parametri di rigidezza e di smorzamento, e viceversa, la procedura di risoluzione è di tipo iterativo (Figura 5.2).

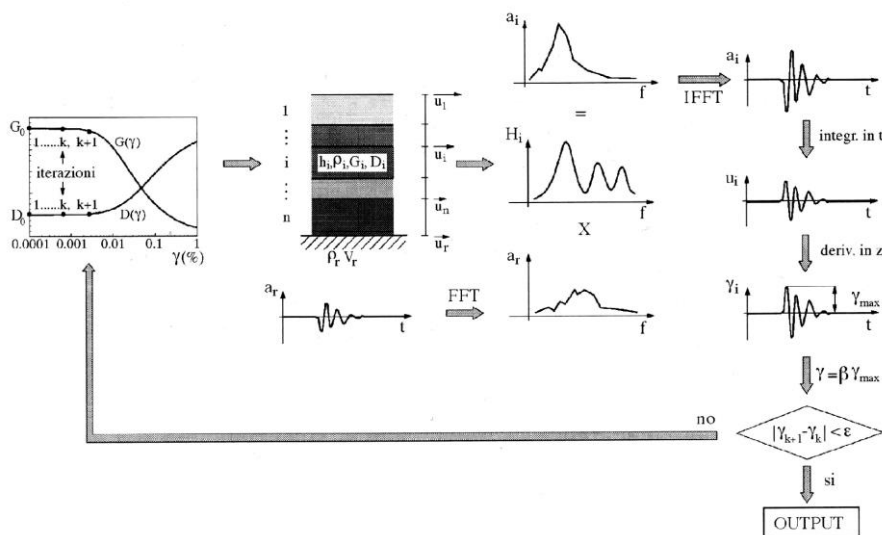


Figura 5.2 – Processo iterativo adottato nelle analisi di risposta sismica locale con modello lineare equivalente.

5.2 Analisi non-lineari

I metodi non lineari consentono una modellazione più accurata del comportamento meccanico del terreno. Tali metodi operano nel dominio del tempo integrando le equazioni del moto. Se si considera un deposito di terreno infinitamente esteso lateralmente, sollecitato da un input sismico orizzontale al bedrock (Figura 5.1), la sua risposta è governata dall'equazione indefinita di equilibrio in direzione orizzontale, che scritta in termini di velocità fornisce:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} = \rho \frac{\partial \dot{u}}{\partial t}$$

Equazione 1

dove ρ è la densità del terreno. Utilizzando il metodo alle differenze finite è possibile trasformare l'equazione differenziale che governa il problema in un sistema di equazioni algebriche. In particolare, suddividendo il deposito di terreno di spessore H in N sotto-strati di spessore Δz (Figura 5.3), ed integrando nel tempo con passo di integrazione Δt , è possibile definire i termini della Equazione 1 in maniera approssimata:

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} \cong \frac{\tau_{i+1}^n - \tau_i^n}{\Delta z}$$

$$\frac{\partial \dot{u}}{\partial t} \cong \frac{\dot{u}_i^{n+1} - \dot{u}_i^n}{\Delta t}$$

Equazione 2

dove la generica variabile $x_i^n = x(z = i\Delta z, t = n\Delta t) = x(z_i, t_n)$. Sostituendo entrambe le relazioni riportate nell'Equazione 2 all'interno dell'Equazione 1 si ottiene

$$\frac{\tau_{i+1}^n - \tau_i^n}{\Delta z} = \rho \frac{\dot{u}_i^{n+1} - \dot{u}_i^n}{\Delta t}$$

Equazione 3

Dalla precedente è possibile esplicitare, per lo strato i -esimo, la velocità al tempo t_{n+1} in funzione della velocità e delle tensioni tangenziali valutati all'istante precedente t_n :

$$\dot{u}_i^{n+1} = \dot{u}_i^n + \frac{\Delta t}{\rho \Delta z} (\tau_{i+1}^n - \tau_i^n)$$

Equazione 4

Risolvendo l'Equazione 4 in tutti gli N strati in cui il deposito è suddiviso, si determina il profilo di velocità al tempo t_{n+1} . Le velocità così determinate rappresenteranno le velocità iniziali del passo di integrazione successivo. Per la risoluzione della precedente mediante integrazione numerica, è necessario imporre le condizioni al contorno. In corrispondenza della superficie libera, le tensioni tangenziali devono risultare nulle per ogni istante t_n , per cui dall'Equazione 4 si ottiene

$$\dot{u}_1^{n+1} = \dot{u}_1^n + \frac{\Delta t}{\rho \Delta z} \tau_2^n$$

Equazione 5

Per quanto riguarda le condizioni al contorno alla base della colonna, assumendo il bedrock infinitamente rigido, la sua velocità può essere specificata direttamente come input

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

$$\dot{u}_{N+1}^{n+1} = \dot{u}_{br}^{n+1}$$

Equazione 6

Il processo di integrazione, per ciascun istante temporale, parte dalla conoscenza della velocità in corrispondenza del bedrock, per poi procedere, per ogni istante temporale, verso la superficie del deposito. Il calcolo delle velocità nell'Equazione 4 richiede la conoscenza delle tensioni tangenziali. La procedura di risoluzione, a partire dalle velocità, permette quindi la risoluzione del problema in termini di spostamenti, deformazioni di scorrimento ed infine di tensioni tangenziali. Queste ultime vengono ricavate in ragione del legame costitutivo adottato in ogni strato i -esimo del modello di calcolo. La variazione degli spostamenti per ogni istante di tempo può essere determinata tramite la seguente relazione:

$$\Delta u_i^{n+1} = \dot{u}_i^{n+1} \Delta t$$

Equazione 7

Da cui si ricavano gli spostamenti orizzontali

$$u_i^{n+1} = u_i^n + \Delta u_i^{n+1}$$

Equazione 8

e, dunque, anche le deformazioni di scorrimento

$$\gamma_i^{n+1} = \frac{u_{i+1}^{n+1} - u_i^{n+1}}{\Delta z}$$

Equazione 9

Le tensioni tangenziali vengono infine determinate in funzione del legame costitutivo.

I modelli non lineari, a differenza dei modelli lineari equivalenti, possono essere formulati in termini di tensioni efficaci, consentendo di tener in conto sia dell'accoppiamento volumetrico-deviatorico sia della resistenza dei materiali

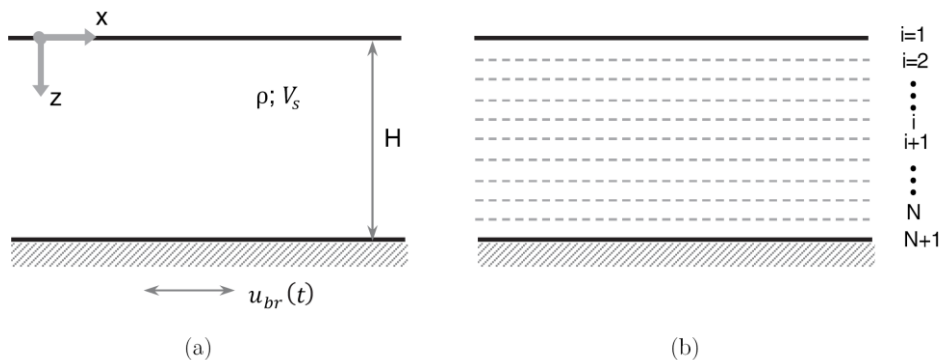


Figura 5.3 – (a) definizione geometrica del problema (b) discretizzazione del deposito in N sotto-strati.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA				
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003

5.3 Input analisi non lineari

Nel presente paragrafo si riportano gli input utilizzati nelle analisi non lineari per lo studio di risposta sismica locale.

5.3.1 Deconvoluzione

Il modello che verrà illustrato necessita in input del segnale tipicamente denominato “bedrock motion”. Facendo riferimento allo schema riportato al paragrafo 5.4 infatti, lo studio di pericolosità sismica di base INGV ci fornisce il moto sismico su suolo rigido topograficamente piano e affiorante (*outcrop*, punto A).

Le analisi di risposta sismica locale sono volte alla determinazione del moto in superficie (punto S in Figura 5.4) tenendo in debito conto gli effetti di amplificazione Stratigrafia.

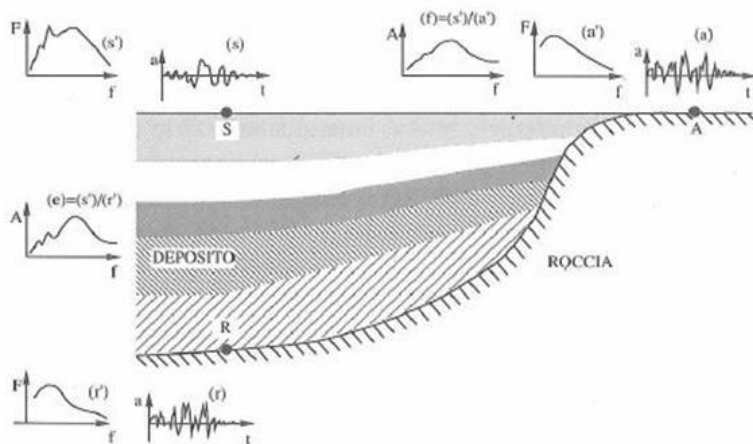


Figura 5.4 – Schema per deconvoluzione segnale al bedrock

Il moto sismico nel punto R può essere determinato, a partire dagli accelerogrammi determinati nel punto A (riportati nei paragrafi precedenti), mediante procedure di deconvoluzione.

Nel presente caso, il codice utilizzato permette di specificare l'utilizzo di segnali in input posti all'outcrop anziché al bedrock.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

5.3.2 Profilo di velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità, adottato come input per l'analisi di risposta sismica locale condotta, è stato assunto con riferimento alla prova down-hole eseguita nel sondaggio geognostico S14-L1B (Figura 5.5).

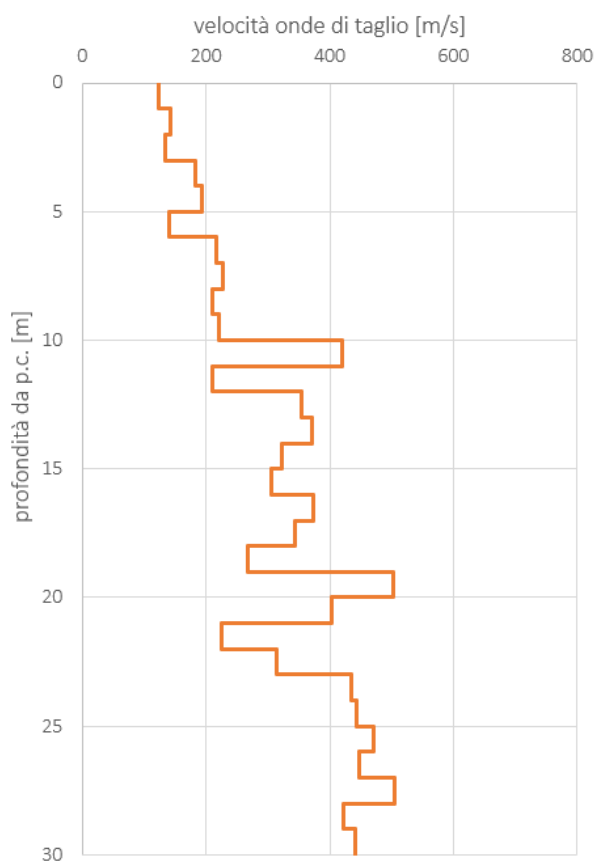


Figura 5.5 – Profilo di velocità delle onde di taglio da prova down-hole – Sondaggio S2-EV.

Si sottolinea che i risultati della suddetta prova down-hole sono perfettamente in linea con le velocità delle onde di taglio ricavate dalle numerose prove geofisiche effettuate lungo il sito in oggetto. Tali profili, coerenti tutti tra loro, mostrano valori di velocità di onde di taglio tipico di depositi argillosi o sabbioso-limosi.

La profondità del bedrock sismico non è stata rinvenuta in modo esplicito da nessuna prova oggetto della campagna d'indagine. Nella letteratura scientifica diversi studi condotti con esplicito riferimento al Vallo di Diano, identificano il bedrock ad una profondità di almeno 100 m da p.c. [8],[9].

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

5.3.3 Curve di decadimento, rapporti di smorzamento e tensione tangenziale limite

Le curve di decadimento ed i rapporti di smorzamento utilizzati nelle analisi fanno riferimento a curve di letteratura relative a terreni aventi proprietà e caratteristiche fisico-meccaniche analoghe a quelle riscontrabili dalle prove in sito e di laboratorio condotte.

Le curve di decadimento $G(\gamma)$ e di smorzamento $\xi(\gamma)$ prese a riferimento per gli strati argillosi sono quelle proposte da Vucetic e Dobry (1991) [5] per un indice di plasticità $IP=15-30$.

Tali curve sono state quindi calibrate mediante la procedura proposta da Phillips e Hashash (2009) [10] (*Generalized Quadratic/Hyperbolic (GQ/H) Model with Shear Strength Control*) in ragione anche della resistenza limite del terreno soggetto ad una tensione tangenziale di taglio. Quest'ultima è presa in accordo con i valori di coesione non drenata c_u , indicati nel modello geotecnico di sottosuolo.

In Tabella 5.1 si riportano i limiti di tensione tangenziale, funzione della profondità da piano di campagna, imposti in input nelle analisi.

Tabella 5.1 – Tensione tangenziale limite imposta nel modello di calcolo.

da	a	τ_{limite}
[m] da p.c.	[m] da p.c.	[kPa]
0	4	25
4	20	75
20	60	150
60	100	200

In ragione di tali limiti, nelle figure seguenti vengono dunque riportate le curve di decadimento e i relativi i rapporti di smorzamento utilizzati nelle analisi numeriche.

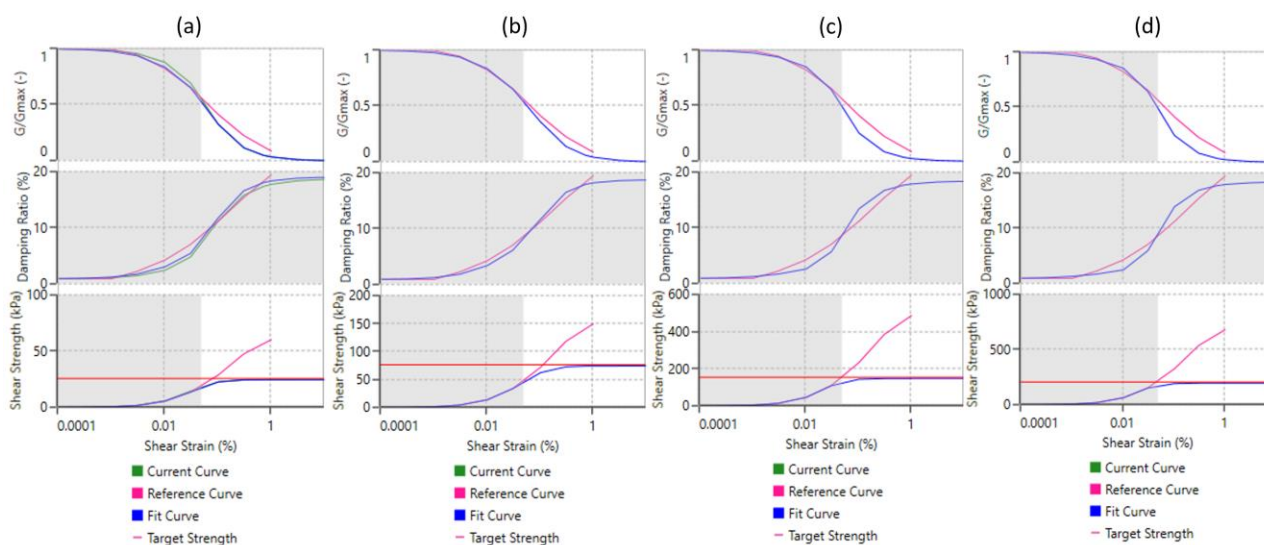


Figura 5.6 – Curve di decadimento e smorzamento calibrate su modello Vucetic e Dobry (1991) per 25kPa, 75kPa, 150kPa e 200kPa, rispettivamente in (a), (b), (c), (d).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

5.3.4 Parametri meccanici in input

Si riporta nella figura seguente le caratteristiche meccaniche degli strati costituenti i depositi relativi alla prova down-hole eseguita nel sondaggio S14-L1B. La velocità delle onde di taglio è presa sulla base di quanto misurato nella prova stessa.

Nelle analisi che seguono il bedrock sismico, coerentemente con quanto riportato al paragrafo 24, è posto alla profondità di 100 m. Inoltre, il valore di velocità di onde di taglio individuata alla profondità di 30 m per la down-hole presa a riferimento al paragrafo 24 è stata incrementata ragionevolmente di circa 100 m/s ogni 20 m di profondità aggiuntive. Al bedrock è stata quindi assegnata la velocità delle onde di taglio pari a 800 m/s.

Il modulo di rigidezza a taglio a piccole deformazioni (G_0) è quindi calcolato dai valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) e dal peso per unità di volume (γ) posto pari a 18.5kN/m^3 per tutta la stratigrafia in input.

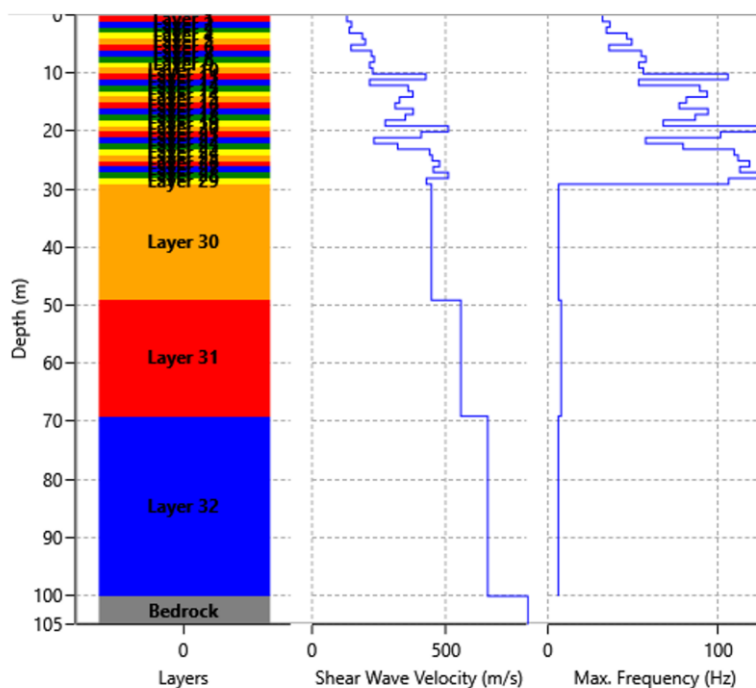


Figura 5.7 – Profilo con velocità onde di taglio imposte in input nel modello di calcolo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

5.4 Risultati analisi non-lineari

Per ciascuna delle storie temporali di accelerazioni utilizzate come input sismico nelle analisi, si riportano a seguire i profili di accelerazione massima calcolati. Si nota come, in media, le massime accelerazioni si attingono in corrispondenza dei primi 20 m della sommità del deposito.

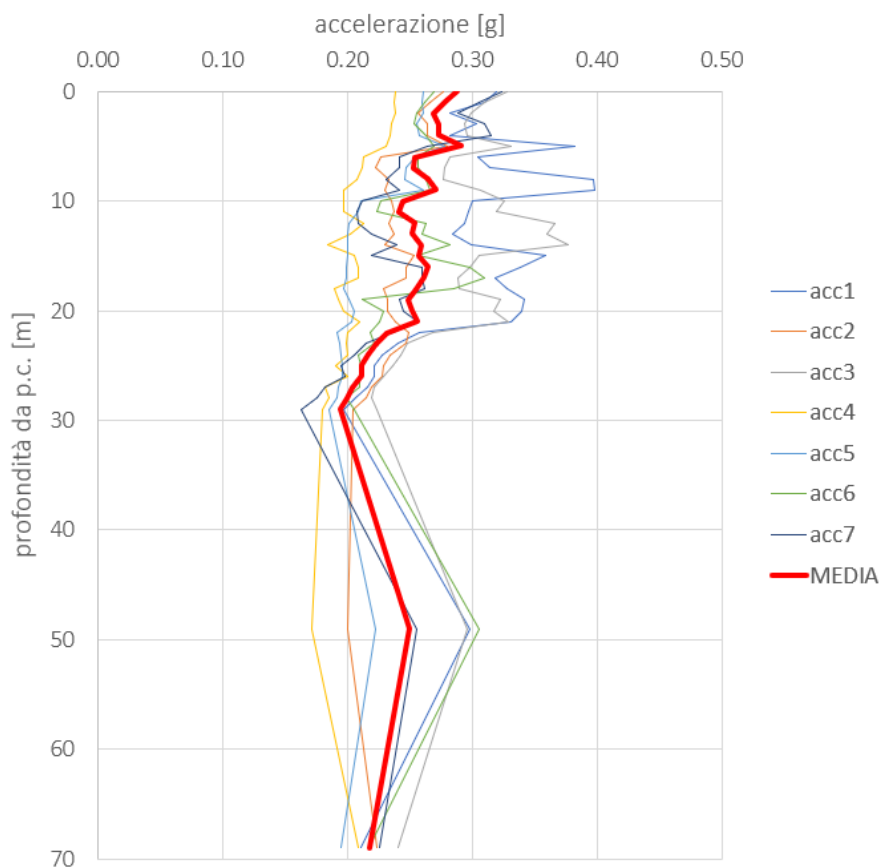


Figura 5.8 – Profilo di accelerazione massima per il set di accelerogrammi considerato.

In Figura 5.9 si riportano i profili di deformazione a taglio (a sinistra) e di tensione tangenziale mobilitata (a destra). I valori di deformazione a taglio ottenuti giustificano pienamente l'utilizzo di un metodo non-lineare piuttosto di uno (più convenzionale) lineare equivalente. Nonostante tali valori siano particolarmente elevati (soprattutto primi 20 m da p.c.) si osserva proprio come l'approccio non-lineare abbia permesso di ottenere valori di tensione tangenziale coerenti con i limiti di resistenza a taglio del materiale (in tale caso di coesione non drenata) imposti in input.

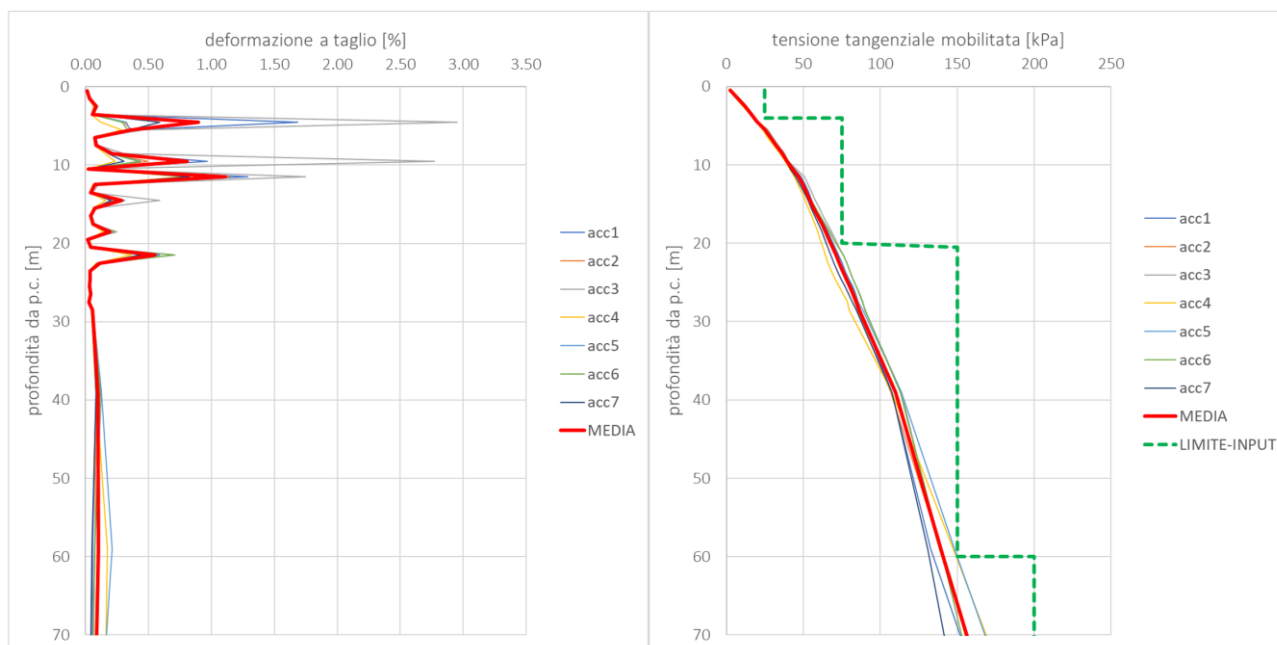


Figura 5.9 – Profilo di deformazione a taglio (a sinistra) e profilo di tensione tangenziale mobilitata (a destra) per il set di 7 accelerogrammi in input.

In corrispondenza del piano di posa delle fondazioni (profondità assunta pari a 4.0m da p.c.) sono stati quindi estratti gli accelerogrammi e ne sono stati analizzati gli spettri medi e le PGA. Di seguito si riporta un confronto con l'approccio semplificato da normativa in termini di spettro di risposta (Figura 5.10). Nella stessa figura è riportato lo spettro ottenuto regolarizzando lo spettro medio da analisi RSL secondo quanto indicato nell' Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018 della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

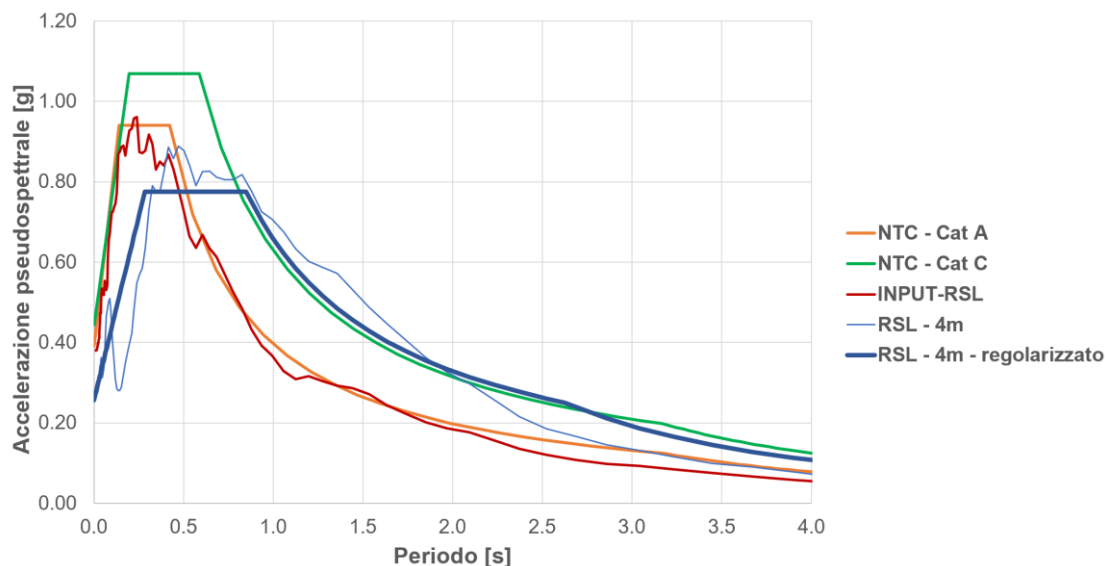


Figura 5.10 – Confronto spettro di risposta da RSL con spettro di risposta NTC.

Infine, in Tabella 5.2 si riportano, per un fissato periodo, i valori del fattore di amplificazione tra accelerazione da approccio normativo semplificato e corrispondenti valori ottenuti da analisi RSL (da spettro regolarizzato). In particolari tale fattore è calcolato per PGA e plateau degli spettri di risposta.

Tabella 5.2 – Confronto tra approccio semplificato normativo e analisi RSL.

Categoria di Suolo da NTC	Categoria topografica	Vita nominale	Coefficiente d'Uso	Accelerazione massima attesa al sito (SLV)	Accelerazione massima da analisi RSL	Fattore di amplificazione PGA	Accelerazione plateau (SLV)	Accelerazione plateau analisi RSL	Fattore di amplificazione plateau
		[anni]							
C	T1	100	2.0	0.445	0.256	0.6	1.068	0.775	0.7

Sulla base dei risultati presentati in Tabella 5.2 si osserva che sia il valore della PGA sia il valore di accelerazione al plateau sono minori dei rispettivi valori ricavati da approccio numerico.

In accordo con il capitolo 7.2.6 delle NTC 2018, lo spettro regolarizzato ottenuto da analisi RSL, è stato confrontato con il 70% del corrispondente spettro di categoria A. **La domanda sismica utilizzata per il calcolo delle azioni nelle sovrastrutture ricadenti all'interno del Vallo di Diano è stata quindi considerata, per ogni periodo di interesse per le strutture ivi ricadenti, pari all'involuppo superiore (in termini di accelerazione) degli spettri.** In Figura 5.11 si riportano lo spettro da RSL con lo spettro pari al 70% del corrispondente spettro normativo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

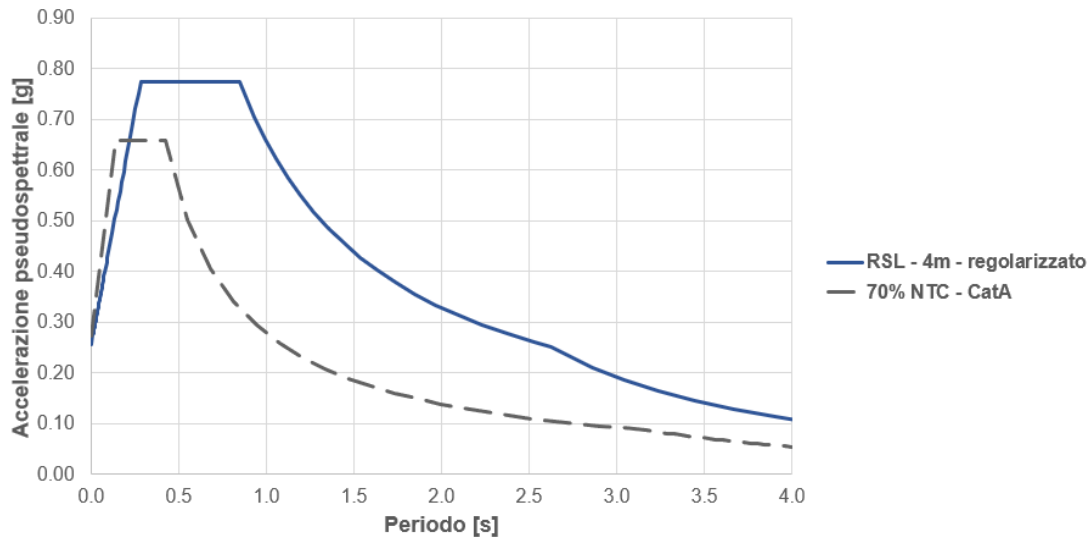


Figura 5.11 – Confronto spettro di risposta da RSL con il 70% dello spettro di risposta NTC, categoria A di sottosuolo.

Per quanto concerne lo spettro di risposta in termini di accelerazione verticale, questo è stato calcolato, a partire dallo spettro regolarizzato da analisi RSL, mediante procedura riportata al capitolo 3.2.3.2.2 delle NTC 2018. Tale spettro è stato quindi stato confrontato con il 70% del corrispondente spettro di risposta verticale per categoria A secondo NTC 2018. In Figura 5.12 è riportato il confronto tra tali spettri.

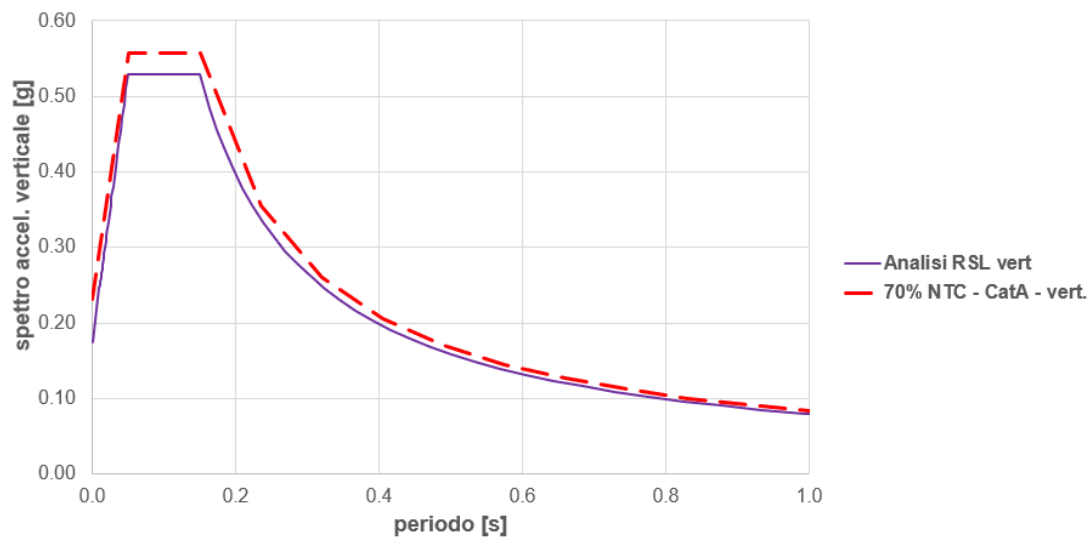


Figura 5.12 – Confronto tra spettro di risposta verticale da procedura NTC 2018 (partendo da spettro orizzontale da RSL) con il 70% dello spettro di risposta verticale NTC, categoria A di sottosuolo.

Dalla figura si nota come lo spettro pari al 70% dello spettro NTC sia superiore allo spettro ottenuto da RSL per tutte i periodi di interesse.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

5.5 Confronto con risultati da analisi lineari equivalenti

Vengono qui riportati i risultati in termini di deformazione a taglio e tensione tangenziale mobilitata ottenuti mediante approccio lineare equivalente

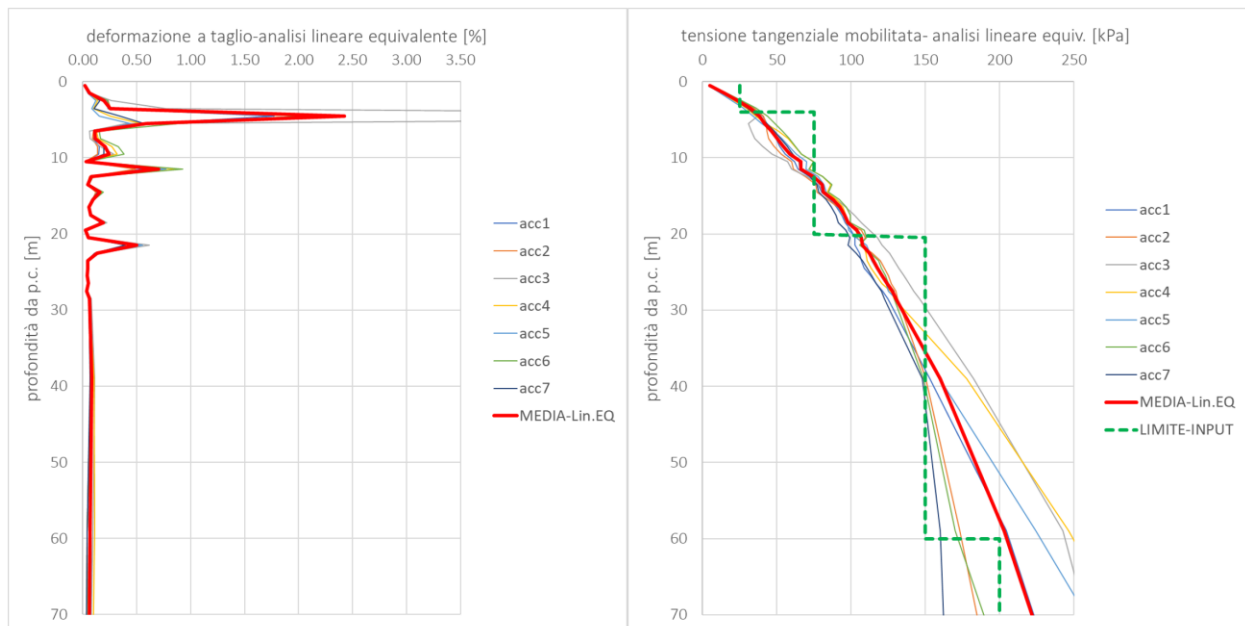


Figura 5.13 – Analisi lineari equivalenti - Profilo di deformazione a taglio (a sinistra) e profilo di tensione tangenziale mobilitata (a destra) per il set di 7 accelerogrammi in input.

Si nota come i valori di deformazione a taglio nei primi 20 m da p.c. siano oltre i valori giustificabili nel campo di applicabilità di un approccio lineare equivalente (in Figura 5.14 indicazioni da linee guida AGI [7] per campo di applicabilità in funzione del livello di deformazione).

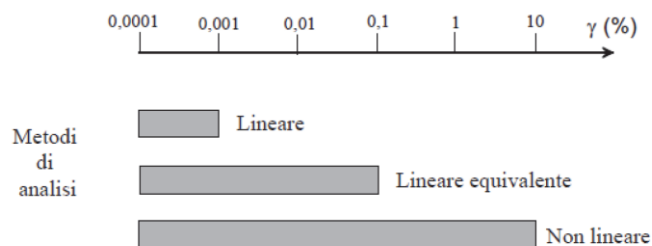


Figura 5.14 – Limiti di applicabilità degli approcci di calcolo funzione dei livelli di deformazione, linee guida AGI [7].

In Figura 5.13, nel grafico a destra, si nota come i risultati secondo l'approccio lineare equivalente restituiscano valori di tensione che, di fatto, non rispettano i limiti di resistenza a taglio del materiale.

Si può quindi concludere, che tale approccio risulta decisamente inadatto per lo studio del problema in esame.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione di risposta sismica locale del Vallo di Diano	COMMESSA RC2E	LOTTO B1	CODIFICA R 11 RH	DOCUMENTO GE 0006 003	REV. A

6 CONCLUSIONI E SINTESI ACCELERAZIONI DI PROGETTO

Le analisi di risposta sismica locale effettuate per il caso specifico del Vallo di Diano hanno permesso di calibrare la risposta del modello geotecnico di sottosuolo agli input sismici spettrocompatibili con spettro normativo di riferimento su suolo rigido affiorante. Le analisi, seppur basate su un modello di calcolo monodimensionale, sono pienamente coerenti con la morfologia e l'assetto lito-stratigrafico riscontrati nel sito in oggetto. È stato quindi costruito un modello di calcolo non lineare al fine di cogliere realisticamente il comportamento dei terreni a grana fine soggetti ad elevate azioni sismiche.

I risultati del modello di calcolo mostrano chiaramente come la risposta dinamica del sistema dipenda intrinsecamente dalla resistenza limite a taglio dei terreni ricadenti nel Vallo.

In definitiva, vengono sinteticamente riportate le accelerazioni utilizzate per il predimensionamento delle opere e degli interventi ricadenti all'interno del Vallo di Diano.

Accelerazione orizzontale di progetto

- La PGA al piano di campagna è presa pari a 0.29g. Coerentemente con i profili di accelerazione orizzontale massima ottenuti da analisi RSL (Figura 5.8)
- La PGA al piano di posa delle fondazioni (-4.0m dal piano di campagna) è presa pari a 0.27g, corrispondente al 70% del valore di accelerazione da spettro normativo di categoria A (condizioni topografiche T1).
- Per periodi inferiori a 0.20 secondi, l'accelerazione orizzontale per il calcolo dei viadotti, delle gallerie artificiali e delle trincee ricadenti nel Vallo è presa pari al 70% dello spettro normativo di categoria A (condizioni topografiche T1).
- Per periodi superiori a 0.20 secondi, l'accelerazione orizzontale per il calcolo dei viadotti, delle gallerie artificiali e delle trincee ricadenti nel Vallo è presa pari a quella dello spettro regolarizzato da analisi RSL.

Accelerazione verticale di progetto

- È presa sempre pari al 70% dello spettro normativo di categoria A (condizioni topografiche T1).