

# STUDI DI RSL NEL COMUNE DI ALA

## **1 - Premessa**

Sono state effettuate alcune valutazioni di RSL nella parte centrale dell'abitato di ALA al fine di comparare i risultati di analisi di RSL semplificata (ai sensi del D.M. 14.01.2008 – par. 3.2.2) con quelli risultanti da un approccio più completo.

## **2 - Modello Geologico**

Il comune di Ala si colloca nella valle del fiume Adige in prossimità del margine meridionale della provincia di Trento.

Il substrato litoide è presente unicamente in corrispondenza delle pareti rocciose che delimitano il solco vallivo mentre il centro abitato, si sviluppa su depositi quaternari per la quasi totalità di deposizione torrentizia (conoide del t. Ala).

Questi depositi si presentano a granulometria grossolana (ghiaie e sabbie prevalenti) con spessori stimati in almeno 200 m; non è nota la morfologia sepolta del substrato roccioso.

### *2.1 - indagini*

Le indagini preesistenti sono costituite da tre sondaggi meccanici (catasto sondaggi SG) la cui profondità massima non supera i 25 metri e sono ubicati marginalmente all'area d'indagine non risultando pertanto utili ai fini del presente studio; si osserva comunque come essi mostrino la presenza prevalente di depositi granulari grossolani con limitati intervalli di ordine metrico di sedimenti limoso sabbiosi.

Nel territorio cittadino erano peraltro già presenti una decina di indagini geofisiche ReMi, realizzate negli anni passati per la redazione della Carta delle caratteristiche sismiche dei suoli, che consentono di valutare in maniera esaustiva il parametro  $V_{s30}$  ma risultano imprecise per quanto riguarda l'individuazione di profili di velocità congruenti all'interno di un territorio investigato.

Per questo motivo, al fine di definire con maggiore dettaglio le caratteristiche stratigrafiche dell'area analizzata consentendo l'elaborazione di sezioni sismostratigrafiche necessarie alla modellazione numerica sono state effettuate 6 analisi H/V unitamente ad altrettante indagini MASW; l'elaborazione delle analisi H/V è stata effettuata vincolandola ai risultati delle indagini MASW.

In fig. 1 è riportata l'ubicazione delle indagini geofisiche, ReMi in colore verde e H/V + MASW in colore giallo e numerazione.

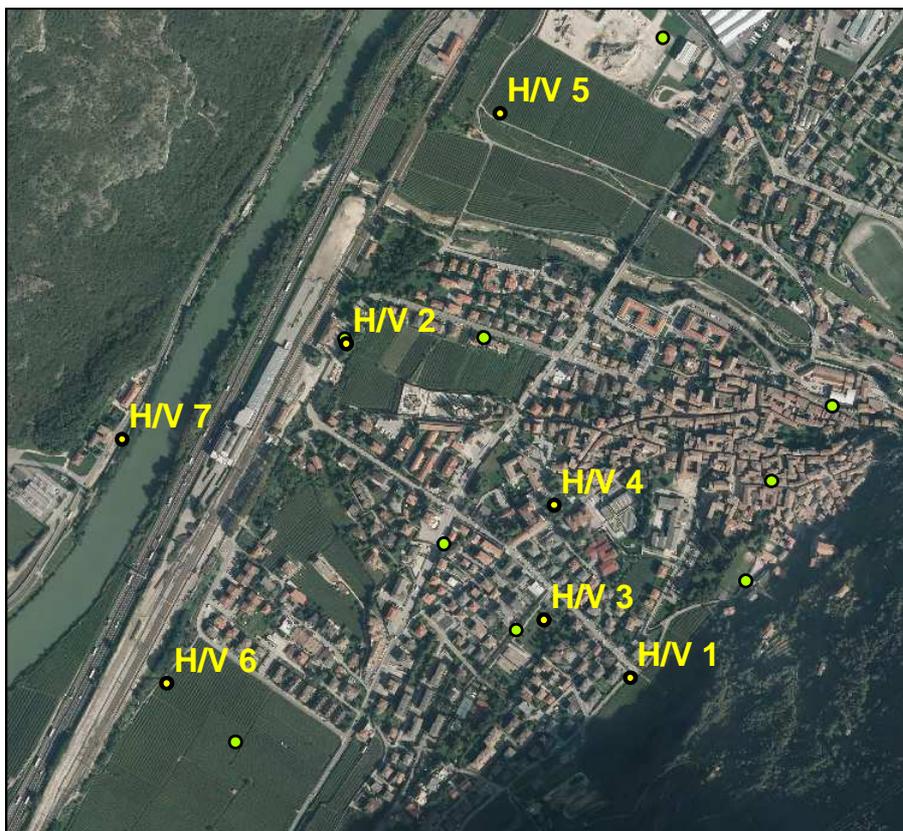


fig. 1 – ubicazione indagini geofisiche ReMi colore verde e H/V + MASW colore giallo

La valutazione del parametro  $V_{s30}$ , effettuata sulla totalità delle indagini conferma quanto già determinato nell'ambito della redazione della Carta delle caratteristiche sismiche dei suoli; i valori di  $V_{s30}$  risultano essere mediamente elevati e compresi tra un minimo di 404 m/s ed un massimo di 716 m/s consentendo di definire i suoli di fondazione dell'intera area indagata come appartenenti alla categoria B come previsto dalla tab. 3.2.2 del D.M. 14.01.2008.

Nello specifico il campo di variabilità delle indagini H/V + MASW risulta essere molto più limitato risultando compreso tra 404 m/s (H/V 6) e 564 m/s (H/V 2).

L'analisi dei profili di velocità determinati dalle indagini H/V + MASW forniscono un quadro sismostratigrafico tra loro coerente che viene di seguito riassunto nella tabella seguente.

H/V 1			H/V 2			H/V 3			H/V 4			H/V 5			H/V 6			H/V 7		
p	h	Vs	p	h	Vs															
(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m/s)															
3	3	235	4.5	4.5	340	3	3	275	2	2	275	2.8	2.8	240	3.6	3.6	215	9	9	370
8	11	400	5.5	10	590	3	6	350	3	5	300	6	8.8	480	10	13.6	400	19	28	580
15	26	580	12.5	22.5	600	12	18	530	18	23	450	18	26.8	600	4	17.6	450	10	38	680
25	51	790	22	44.5	735	23	41	725	31	54	730	23	59.8	790	8	25.6	500	65	103	910
80	131	1030	65	110	1070	75	116	1035	78	132	970	80	140	1080	50	75.6	580			1250
	1210			1300			1450			1260		1200		140	216	820				
															1050					

Si osserva come le analisi da H/V 1 ad H/V 5 mostrino un quadro sismostratigrafico molto omogeneo trovandosi all'interno della conoide del t. Ala mentre le ultime due, che si collocano all'esterno della forma morfologica evidenziano una parziale differenza nei profili sismostratigrafici.

All'interno della conoide è stato quindi possibile individuare 6 livelli caratterizzati da velocità  $V_s$  omogenee così riassumibili:

- Livello 1: velocità da 235 m/s a 340 m/s, spessore da 3 m a 4.5 m;
- Livello 2: velocità da 350 m/s a 450 m/s, spessore da 3 m a 8 m;
- Livello 3: velocità da 500 m/s a 600 m/s, spessore da 12.5 m a 18 m;
- Livello 4: velocità da 725 m/s a 820 m/s, spessore da 21.5 m a 31 m;
- Livello 5: velocità da 970 m/s a 1080 m/s, spessore da 75 m a 84 m;
- Livello 6: velocità da 1200 m/s a 1450 m/s

Le maggiori incongruenze si osservano per quanto riguarda le velocità misurate nel secondo livello in H/V 2, dove non viene rilevato il livello 2, ma il quadro generale che si delinea è sicuramente accettabile.

## 2.2 - sezioni

Utilizzando i risultati delle indagini geofisiche sono state elaborate due sezioni rappresentative dell'area oggetto di studio al fine di elaborare un modello utile all'effettuazione delle simulazioni numeriche.

La loro ubicazione è riportata nella figura seguente (fig. 2) mentre in fig. 3 sono riportate le elaborazioni.

Le simulazioni sono state effettuate utilizzando la sezione ALA 1 mentre la sezione ALA 2 è stata elaborata al fine di valutare i limiti planimetrici degli orizzonti individuati.

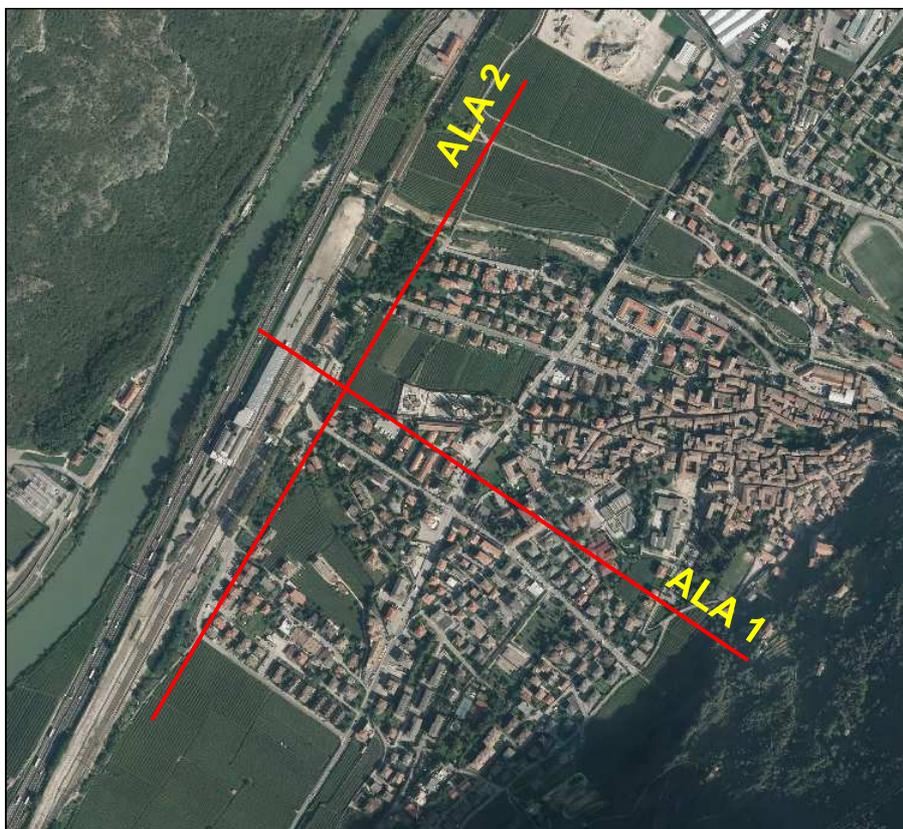


fig. 2 – ubicazione sezioni sismostratigrafiche

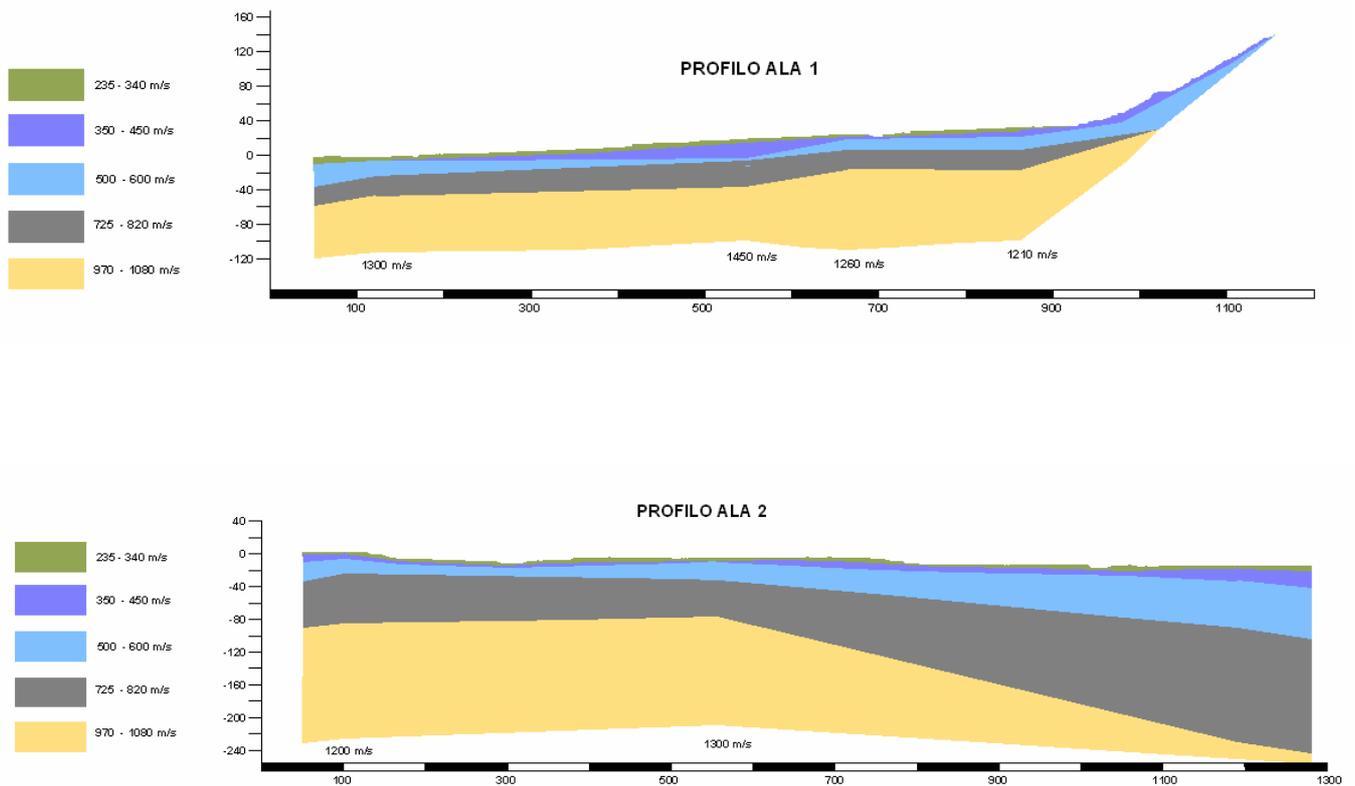


fig. 3: profili rappresentativi analizzati

Si osserva una buona correlabilità, ed una assetto sismostratigrafico omogeneo nell'area indagata.

Le velocità calcolate appaiono elevate raggiungendo rapidamente valori compatibili con la presenza del substrato rigido anche se, in base a considerazioni geologiche e geomorfologiche e sulla base delle scarse conoscenze disponibili sulla morfologia sepolta del fondovalle si ritiene che gli orizzonti rilevati siano da attribuire a depositi glaciali compattati piuttosto che al substrato rigido.

In ogni caso ai fini della modellazione numerica si assume bedrock sismico il 5° orizzonte individuato nelle indagini caratterizzato da velocità prossime e superiori ai 1000 m/s.

### **3 – Input sismico**

Utilizzando il programma Rexel (Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. – 2009. REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362), in accordo alle normativa vigente sono stati acquisiti 7 accelerogrammi spettro compatibili con i quali effettuare le simulazioni monodimensionali.

Di seguito sono elencati gli eventi selezionati compatibili con lo spettro di normativa relativo ad un tempo di ritorno di 475 anni (classe d'uso II, vita nominale 50 anni, classe suolo A) (fig. 4) relativo alle coordinate geografiche (WGS84) LAT: 45,759928 LONG: 11,001739

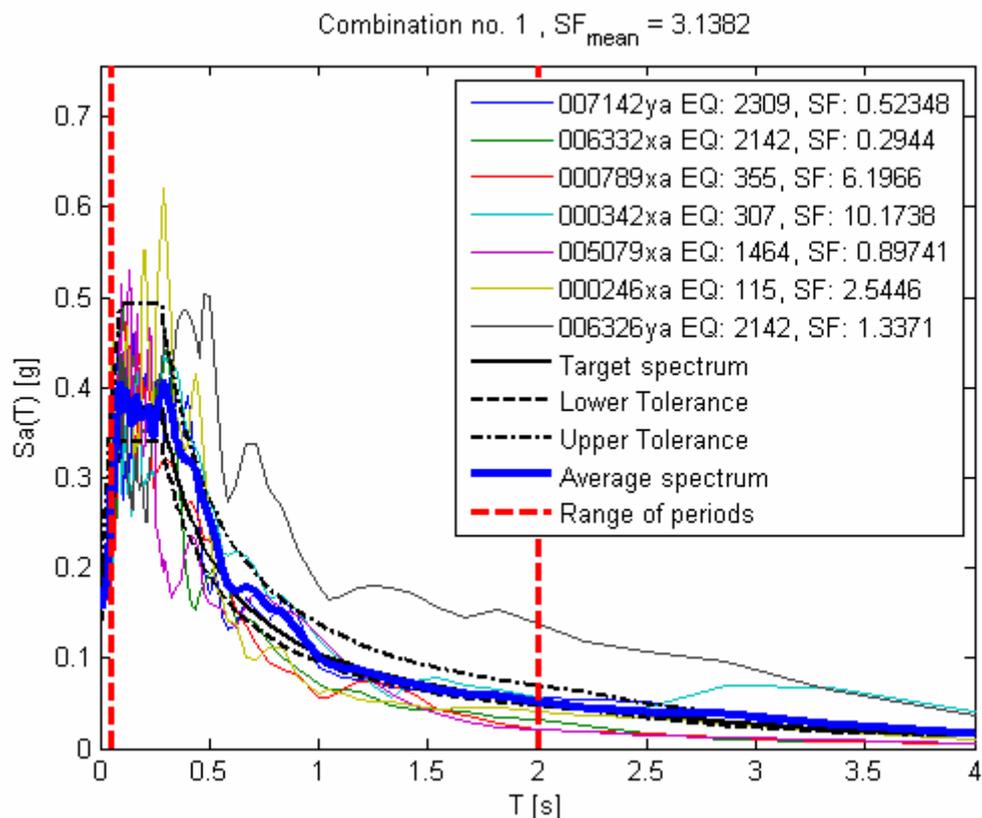


fig. 4: input sismici utilizzati nell'analisi di RSL

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	EC8 Site class
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	A
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	6	A
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2	oblique	22	A
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9	oblique	24	A
5079	1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	6	A
246	115	ST61	Valnerina	19/09/1979	5.8	normal	22	A
6326	2142	ST2496	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	A
mean:					5.771429		15.42857	

#### **4 – Analisi RSL bidimensionale**

E' stato utilizzato il software LSR 2d (Stacec) che consente di effettuare una modellazione bidimensionale del problema mediante il metodo degli elementi finiti, nel dominio del tempo in tensioni totali, utilizzando il metodo lineare equivalente e tenendo conto della deformabilità del substrato.

Il modello stratigrafico è stato dedotto dai profili elaborati per mezzo delle indagini sismiche individuando 3 unità sismostratigrafiche così definite:

U1: è stata definita come unione dei livelli 1 e 2 individuati a pag. 3 in considerazione dello loro limitato spessore in rapporto alla dimensione del profilo morfologico utilizzato. Le sue caratteristiche meccaniche sono le seguenti:

$$\rho = 18 \text{ kN/m}^3$$

$V_s = 320 \text{ m/s}$

$\nu = 0.35$

Curva di decadimento: Sand – Seed e Idriss (1970)

U2: corrisponde al livello 3 individuato a pag. 3 e le sue caratteristiche meccaniche sono:

$\rho = 18 \text{ kN/m}^3$

$V_s = 550 \text{ m/s}$

$\nu = 0.35$

Curva di decadimento: Darendeli e Stokoe

U3: corrisponde al livello 4 individuato a pag. 3 e le sue caratteristiche meccaniche sono:

$\rho = 18 \text{ kN/m}^3$

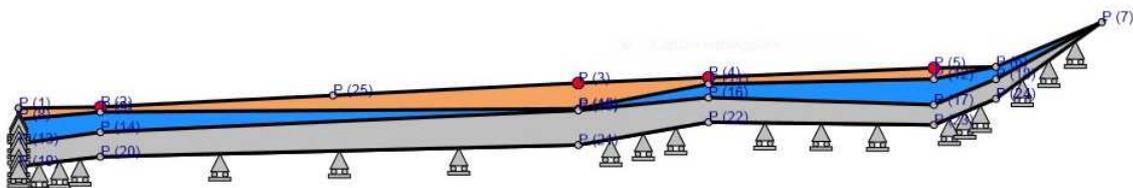
$V_s = 730 \text{ m/s}$

$\nu = 0.35$

Curva di decadimento: Rollind Gravel Lower range

Il livello 5, in considerazione del suo elevato valore di velocità  $V_s$  (970 – 1080 m/s) è stato assunto come substrato rigido anche se, geologicamente, non corrisponde al substrato roccioso ma è, con ogni probabilità, descrivibile come un deposito glaciale sovraconsolidato.

Nella fig. 5 è riportato il modello stratigrafico utilizzato e lo stesso profilo con la mesh di calcolo realizzata con triangoli a passo 10 m.



Numero di nodi: 5899  
Numero di elementi: 11125

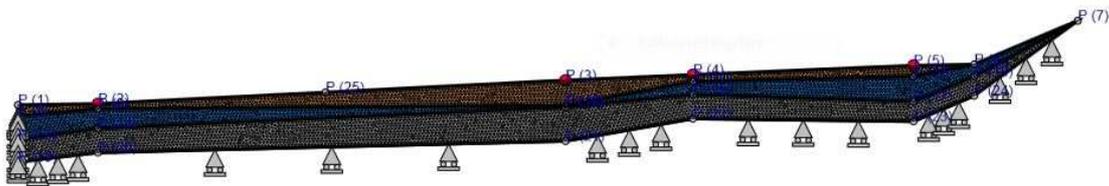


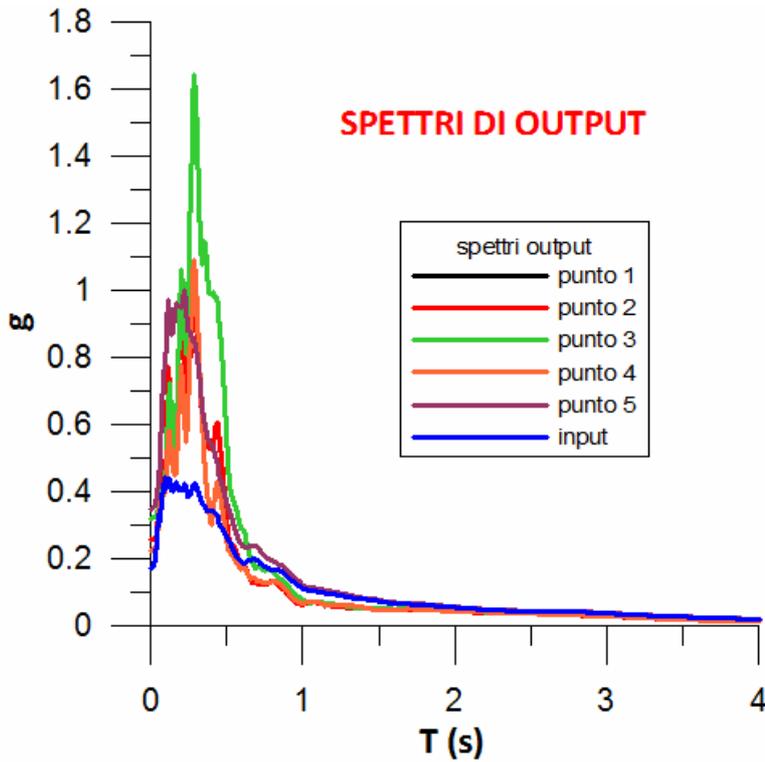
fig. 5 : modello stratigrafico ed a mesh

Lungo il profilo utilizzato sono stati individuati 5 punti (definiti punti di controllo) e per ognuno di essi è stato calcolato, a parità di input sismico, lo spettro di risposta in accelerazione e, in accordo a quanto

previsto dagli Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica (par. 2.5.3.3) i fattori FA e FV e le coordinate di ciascun spettro a probabilità uniforme (par. 2.5.4.3.1).

I punti di controllo sono stati così ridenominati:

- Punto di controllo 5: punto 1
- Punto di controllo 4: punto 2
- Punto di controllo 3: punto 3
- Punto di controllo 25: punto 4
- Punto di controllo 2: punto 5



Si osserva come gli spettri di risposta in accelerazione (fig. 6) risultino notevolmente più amplificati, rispetto allo spettro di input per periodi compresi tra 0.01 – 0.8 s circa mentre per periodi maggiori l’amplificazione sia trascurabile.

Il confronto con lo spettro di norma (Cat II, VN 50 anni, suolo di fondazione A) mostra come tutti i punti di misura evidenzino una amplificazione superiore a quella prevista per la categoria di suolo B.

La tabella seguente riporta, per ciascun punti di misura i valori di FA e FV calcolati; tali valori sono riportati planimetricamente in fig. 6.

Si osserva quindi come lungo la sezione analizzata le maggiori amplificazioni si registrino nella parte centrale del solco vallivo in particolare in corrispondenza del punto di misura 3 tratto in cui si osserva il massimo valore dello spessore del livello a velocità minore (U1) diventa massimo.

I valori di amplificazione minore si osservano nella porzione apicale della conoide dove superano di poco il valore previsto dalla normativa per i terreni di classe B.

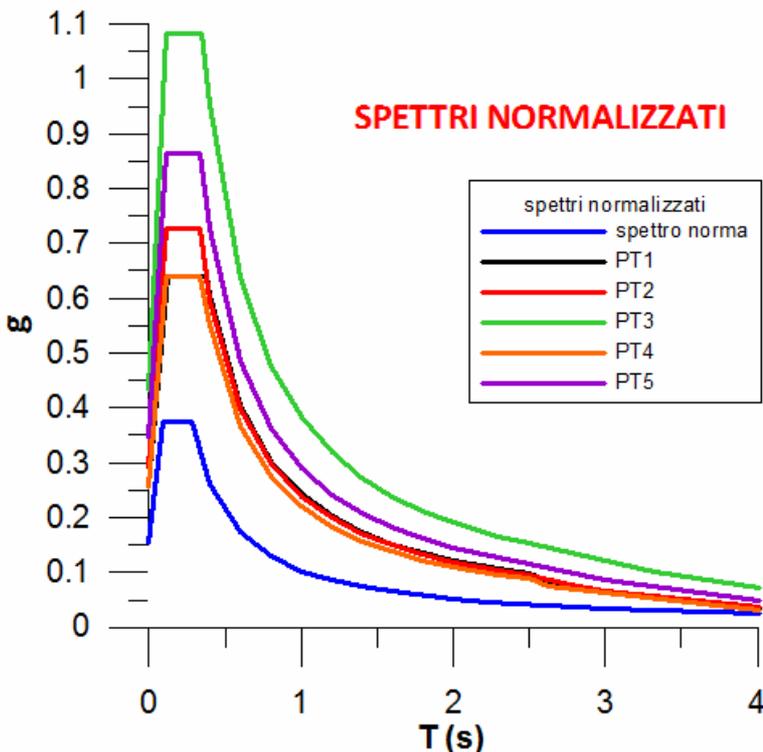


fig. 6 – spettri di output da modellazione 2D e spettri normalizzati

	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5
FA	1.50	1.70	2.53	1.5	2.02
FV	1.67	1.64	2.63	1.52	2.00



fig. 7 – valori di FA e FV nei punti di calcolo

#### **4 - Confronto con analisi monodimensionali**

E' stato effettuato un confronto dei risultati sopra ottenuti con quelli calcolati da analisi monodimensionali realizzate con i medesimi dati di input (modello stratigrafico, parametri meccanici, terremoti di input) utilizzando il programma EERA.

La figura seguente riporta i confronti in forma grafica relativamente ai punti 1, 3 e 4.

Si osserva una buona corrispondenza tra i risultati delle due modalità di modellazione in modo particolare per i punti 1 e 4 (fig. 8); relativamente al punto 3 si nota come la modellazione 2D individui una amplificazione considerevolmente maggiore della parte dello spettro compresa tra 0.3 Hz – 0.8 Hz circa.

Si osserva inoltre come le differenze tra gli spettri di output determinati con modellazione 1D (fig. 9) presentino scarse differenze tra loro al contrario di quelle determinate con la modellazione 2D che quindi pare rispondere con maggiore dettaglio alle variazioni stratigrafiche rispetto alla modellazione 1D.

Confronto tra spettri di output da modellazione 1D e 2D

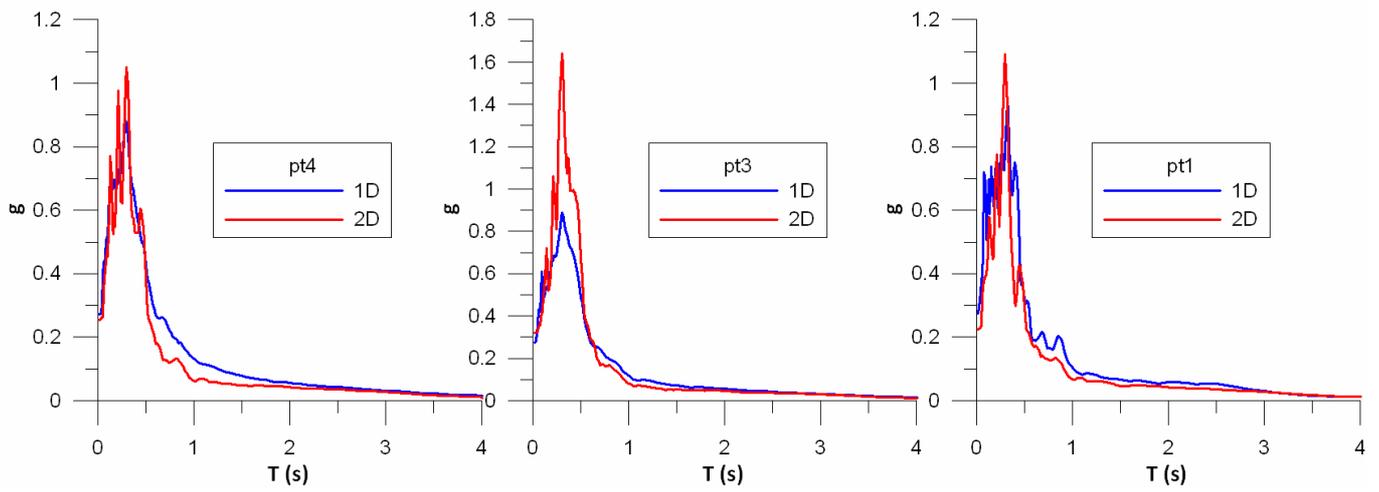


fig. 8 – confronto tra spettri di output calcolati con modellazioni mono e bidimensionali nel pt. 1, 3 e 4

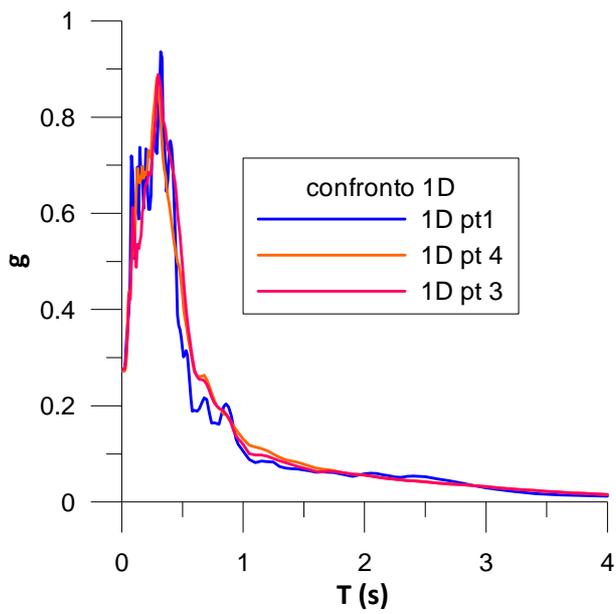


fig. 9 – confronto tra spettri di output da modellazione 1D per i punti 1, 3 e 4

## 5 - Conclusioni

E' stata realizzata una analisi di RSL nell'abitato di Ala al fine di valutare le differenze tra un approccio di tipo semplificato (par. 3.2.2 – D.M. 14.01.2008) ed uno più completo.

A tal fine sono state realizzate delle modellazioni di tipo 1D e 2D.

I risultati acquisiti evidenziano come, per tutti i punti di calcolo, l'analisi di RSL effettuata in forma semplificata così come previsto ai par. 3.2.2 e par. 3.2.3 D.M. 14.01.2008, porti ad una sottostima della risposta in accelerazione rispetto ad una analisi più accurata realizzata sia con modalità 1D che 2D.

Si osserva inoltre come la modellazione 2D consenta di apprezzare con maggiore dettaglio rispetto alla modellazione 1D, l'influenza della variabilità stratigrafica sugli effetti di amplificazione.

Trento, 04/08/2015

I.S. per L'ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA  
dott.  Andrea Franceschini