

Bologna - dal 19 al 21 novembre 2018



37° convegno



UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240

VALIDAZIONE DEGLI ABACHI PER LA STIMA DELL'AMPLIFICAZIONE LITO-STRATIGRAFICA PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO II DELLA REGIONE MARCHE

PAOLUCCI E., TANZINI A., ALBARELLO D., G. PERUZZI

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente, Università di Siena

ABACHI

Procedure semplificate volte alla stima dell'amplificazione del moto sismico per gli studi di Microzonazione sismica di livello II, applicabili in situazioni lito-stratigrafiche caratterizzate da stratificazioni con buona approssimazione.

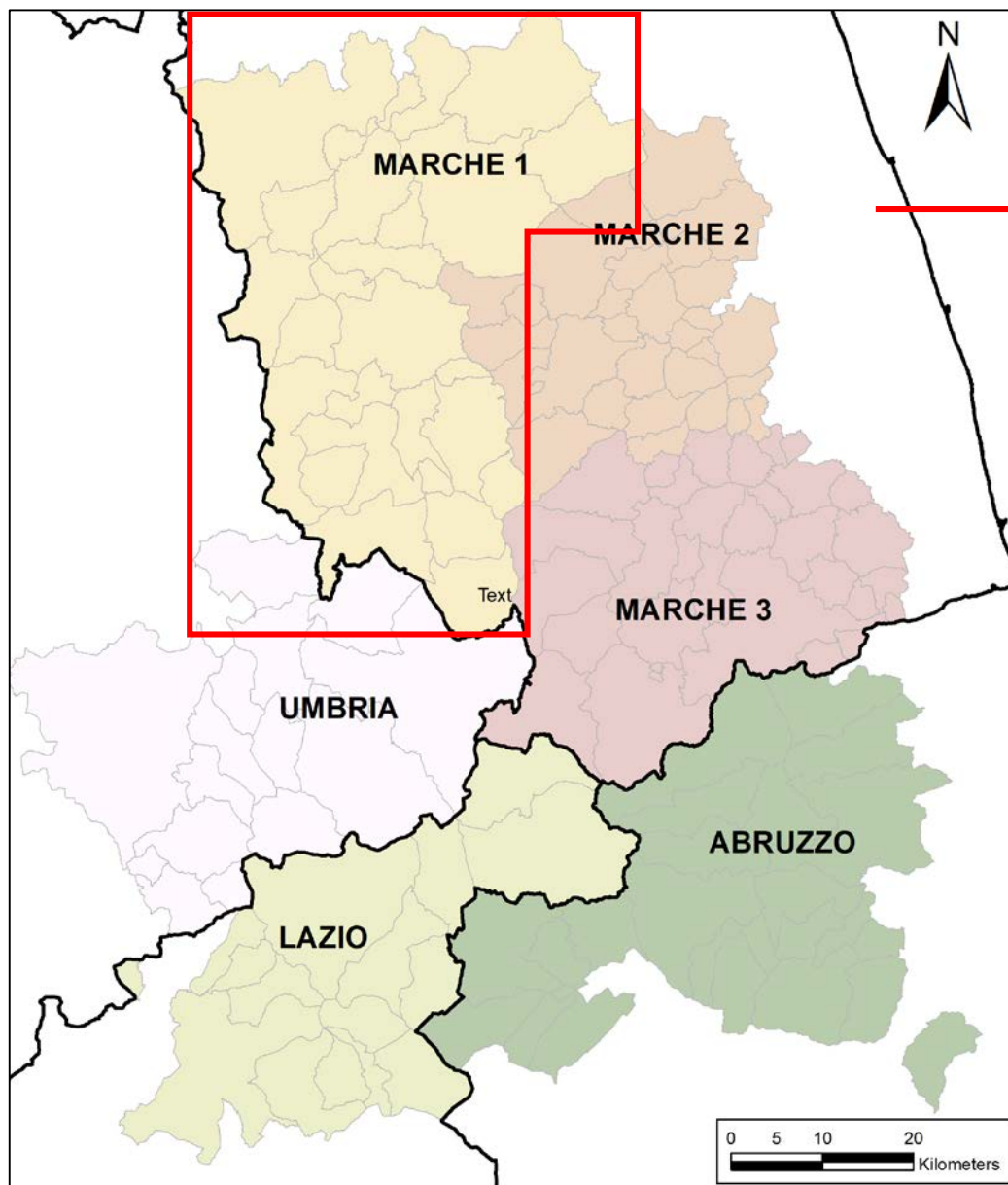
Si tratta sostanzialmente di dati geofisici con termini di "F"

Lo scopo di questo lavoro è la validazione degli abachi regionali proposti per la Regione Marche. Dal momento che gli abachi sono stati definiti come stime cautelative dei valori di FA e tali valori corrispondono al 75° percentile della totalità dei profili considerati, ci si aspetta che i valori definiti al loro interno siano caratterizzati da una probabilità di eccedenza del 25% (ovvero nel 75% dei casi il valore dovrebbe risultare conservativo).

ratigrafici e
o sismico in

Gli abachi sono stati definiti sulla base di analisi di risposta sismica 1D di casi reali ritenuti caratteristici e significativi del contesto litologico, geotecnico e geofisico locale proprio di ciascuna regione. I valori dei vari FA riportati negli abachi regionali corrispondono a diversi percentili del totale dei casi studiati per l'intervallo di periodi considerati.

VALIDAZIONE DEGLI ABACHI PER LA STIMA DELL'AMPLIFICAZIONE LITO-STRATIGRAFICA PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO II DELLA REGIONE MARCHE

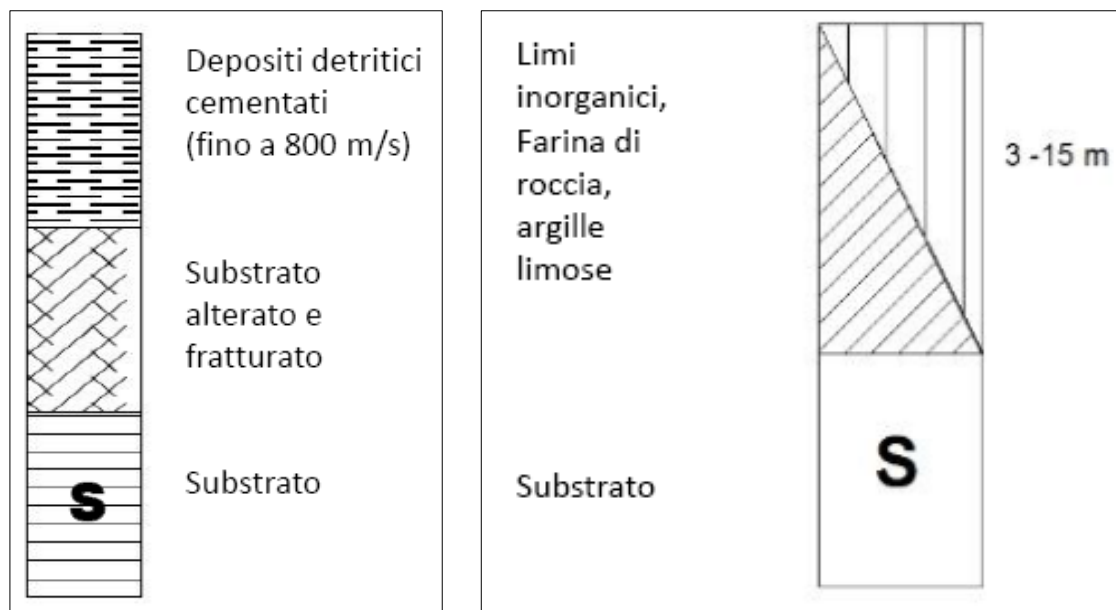


PROGETTO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO III DEI COMUNI DEL CENTRO-ITALIA COLPITI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 2016



La procedura di validazione è stata realizzata confrontando i valori di FA stimati con l'uso degli abachi con quelli calcolati attraverso le analisi di risposta sismica locale 1D realizzate dai professionisti incaricati degli studi di Microzonazione di livello III dei 25 Comuni appartenenti alla Macroarea denominata "Marche 1".

1^a FASE – INDIVIDUAZIONE TIPOLOGIE LITO-STRATIGRAFICHE (TLS) E DEFINIZIONE DEL MOTO SISMICO DI RIFERIMENTO



Stazione	Evento	Data	Magnitudo	D(faglia), km	PGA (g)
Borgo-Cerreto Torre	Umbria-Marche (1)	26/09/1997 00:33:16	5.7	20	0.18
Kozani Prefecture	Kozani (Grecia)	13/05/1995 08:47:15	6.4	14	0.21
Cape Mendocino	Nord California	01/08/1975 20:20:00	5.8	28	0.18
Mount Wilson	Whittier Narrows	01/10/1987 14:42:00	5.9	15	0.19
Cesi monte	Umbria-Marche (3)	14/10/1997 15:23:09	5.6	7	0.18
Pietralunga	Gubbio	29/04/1984 05:03:00	5.6	19	0.17
Villetta Barrea	Lazio-Abruzzo	11/05/1984 10:41:50	5.5	5	0.20
Cascia	Valnerina	19/09/1979 21:35:37	5.8	2	0.20

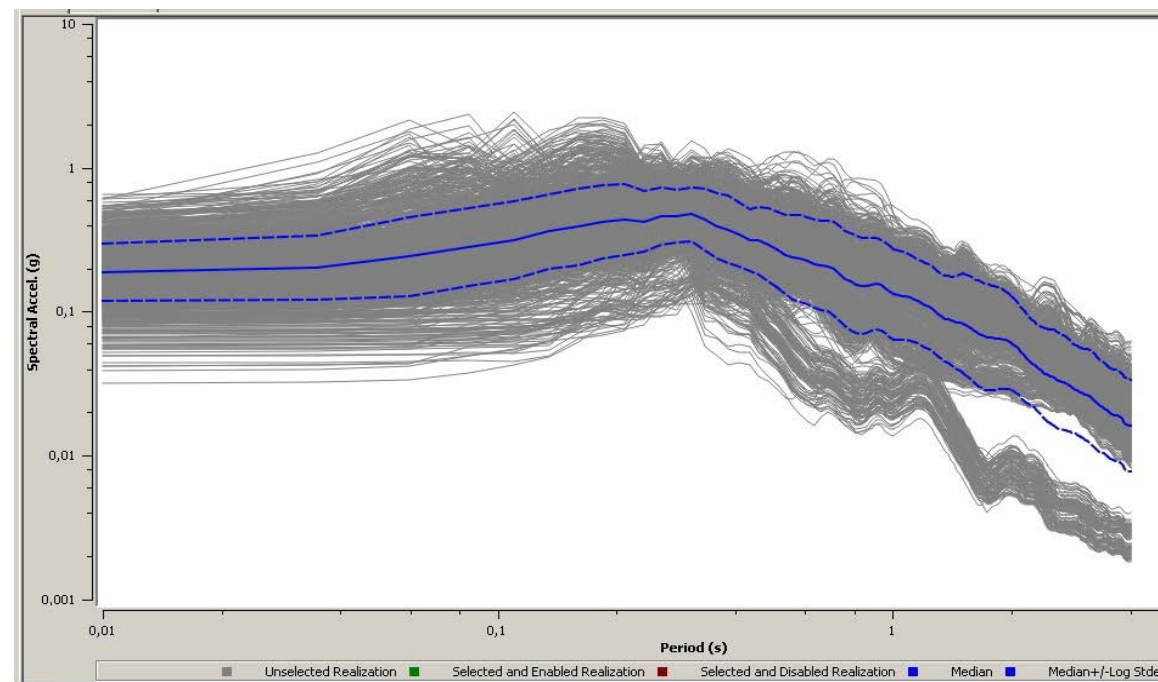
Per ciascun DG sono state determinate successioni deposizionali “tipo” (TLS), nelle quali sono state individuate Unità Lito-Stratigrafiche (ULS) caratterizzate da specifiche caratteristiche in termini di proprietà geometriche (spessori e profondità) e sismiche (VS, curve di decadimento). A ciascuna di queste proprietà è stata associata una propria variabilità.

Il moto sismico di riferimento è stato dedotto a partire dalla stima della pericolosità sismica della Regione identificando un gruppo di 8 accelerogrammi sperimentali rappresentativi della sismicità attesa nell’area di interesse.

2ª FASE – RISPOSTA SISMICA LOCALE

Utilizzando la procedura implementata nel codice STRATA:

1. per ciascuna TLS dei diversi DG e tenendo conto della variabilità dei parametri sismici definita nella prima fase, è stato generato un campione di profili sismo-stratigrafici ciascuno costituito mediamente da 300 profili;
2. per ciascun elemento del campione (profilo) e per i diversi accelerogrammi rappresentativi della pericolosità locale, sono stati definiti gli spettri di risposta in accelerazione del moto in superficie;
3. In questo modo, è stato possibile generare, per ogni TLS, una popolazione di FA. Per la prima stesura degli abachi, tali valori sono stati calcolati per gli intervalli di periodi 0.1-0.5 s e 0.5-1 s.



3ª FASE – STESURA DEGLI ABACHI

"Zona Calcareo"

Basamento sismico a profondità > 30 m

FA calcolato per corti periodi (0.1 < T < 0.5 s)

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200										
	300	1.1	1.5	2.0	2.2	2.4	2.5	2.3	2.2	1.9	2.1
	500	1.0	1.3	1.3	1.4	1.6	1.5	1.4	1.6	1.6	1.4
	700		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3
	≥800				1.2	1.2					1.2

FA calcolato per lunghi periodi (0.5 < T < 1 s)

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200										
	300	1.6	2.0	2.3	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.6	1.8
	500	1.6	1.7	1.5	1.4	1.9	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6
	700		1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.3	1.3	1.2	1.3
	≥800				1.1	1.1					1.1

Basamento sismico a profondità < 30 m

FA calcolato per corti periodi (0.1 < T < 0.5 s)

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
VsH (m/s)	<200	0.9	1.3	1.7	2.6	2.5	2.7				1.4
	300	0.8	1.3	1.7 (a)	2.1 (b)	2.4 (c)	2.6	2.5	2.3	2.1	2.1 (o)
	500		0.8	1.3	1.5 (d)	1.6 (e)	1.8 (f)	1.6 (g)	1.6 (h)	1.5 (i)	1.5 (p)
	700				1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3
	≥800								1.2	1.2	1.2

FA calcolato per lunghi periodi (0.5 < T < 1 s)

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
VsH (m/s)	<200	1.8	2.3	2.1	1.7	1.6	1.5				2.2
	300	1.7	2.2 (l)	1.9 (m)	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5	1.4	1.8 (q)
	500		1.7	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1 (n)	1.1	1.1	1.2 (r)
	700				1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
	≥800								1.1	1.0	1.0

Parametri chiave (determinati sperimentalmente):

- il valore di Vs_{30} o Vs_H , da utilizzarsi rispettivamente nei casi in cui il substrato sismico si trova oltre o al di sopra dei 30m;
- il valore della frequenza di risonanza f_0 relativa alle coperture.

Il valore di FA che viene determinato con l'utilizzo degli abachi corrisponde al 75° percentile della totalità dei profili considerati riferiti ad una specifica combinazione dei due parametri chiave

2 coppie di abachi (uno per ciascuno dei due intervalli di periodi di riferimento) per ciascuno dei DG individuati: una coppia riferita ai casi dove il substrato sismico si trova a profondità maggiori di 30 m, ed una riferita ai casi in cui quest'ultimo si trova a profondità minore di 30 m.

Per il Dominio Terrigeno è stata realizzata solo la coppia di abachi per substrato sismico > 30 m di profondità (mancanza di TLS caratterizzate da un substrato sismico a profondità minore di 30 m).

PROCEDURA DI VALIDAZIONE DEGLI ABACHI

Confronto tra FA abachi e FA RSL MSIII Marche 1

ZONA CALCAREA

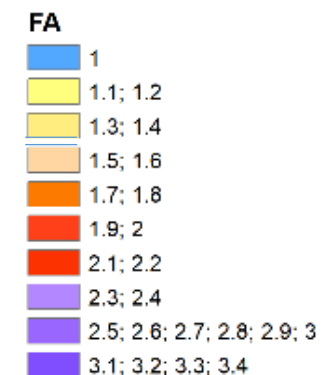
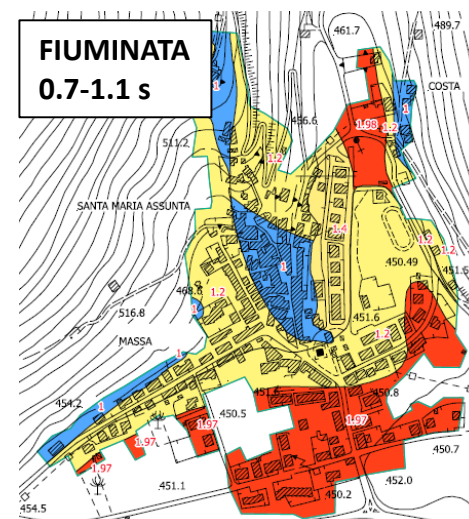
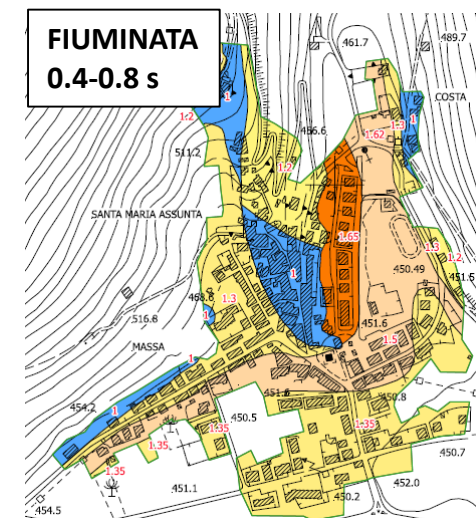
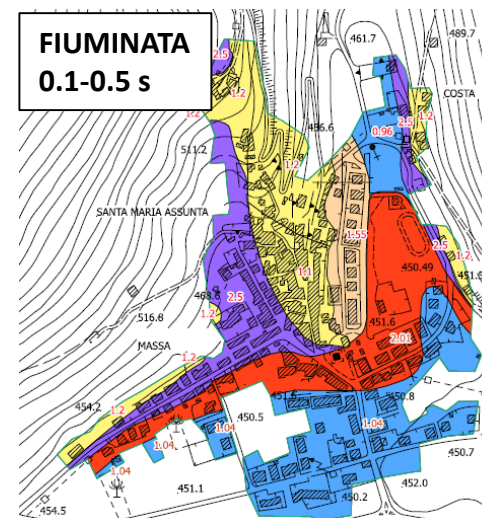
Profondità basamento sismico > 30 m

		FA 0.1 < T < 0.5 s									
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
Vs30 (m/s)	<200										
	300	1.1	1.5	2.0	2.2	2.4	2.5	2.3	2.2	1.9	2.1
	500	1.0	1.3	1.3	1.4	1.6	1.5	1.4	1.6	1.6	1.4
	700		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3
	≥800				1.2	1.2					1.2

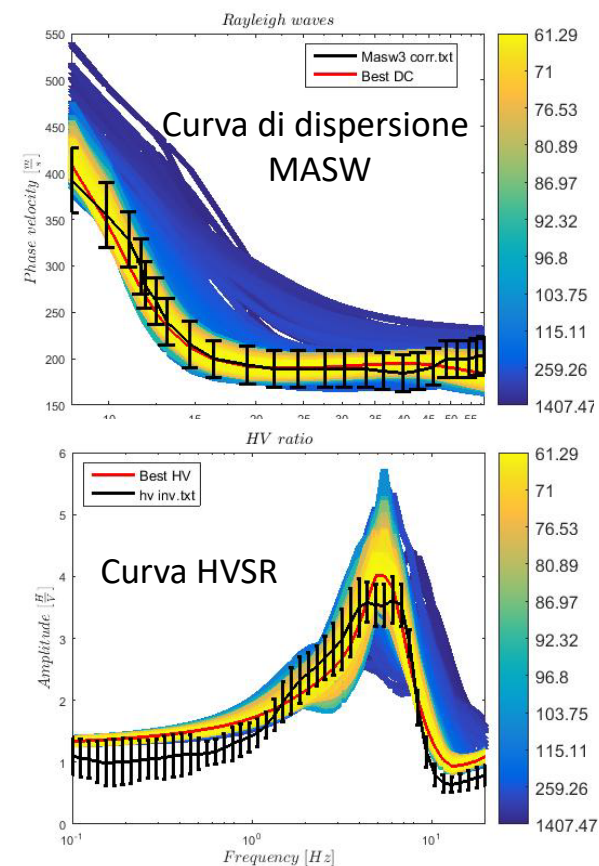
		FA 0.4 < T < 0.8 s									
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
Vs30 (m/s)	<200										
	300	1.5	2.0	2.5	2.5	2.4	2.3	2.0	1.8	1.7	2.0
	500	1.4	1.7	1.6	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6
	700		1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.4	1.4	1.3	1.4
	≥800				1.2	1.2					1.2

		FA 0.7 < T < 1.1 s									
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
Vs30 (m/s)	<200										
	300	1.9	2.0	1.8	2.3	2.0	1.7	1.5	1.4	1.4	1.7
	500	1.8	1.7	1.4	1.3	1.8	1.5	1.4	1.3	1.3	1.5
	700		1.4	1.3	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800				1.1	1.1					1.1

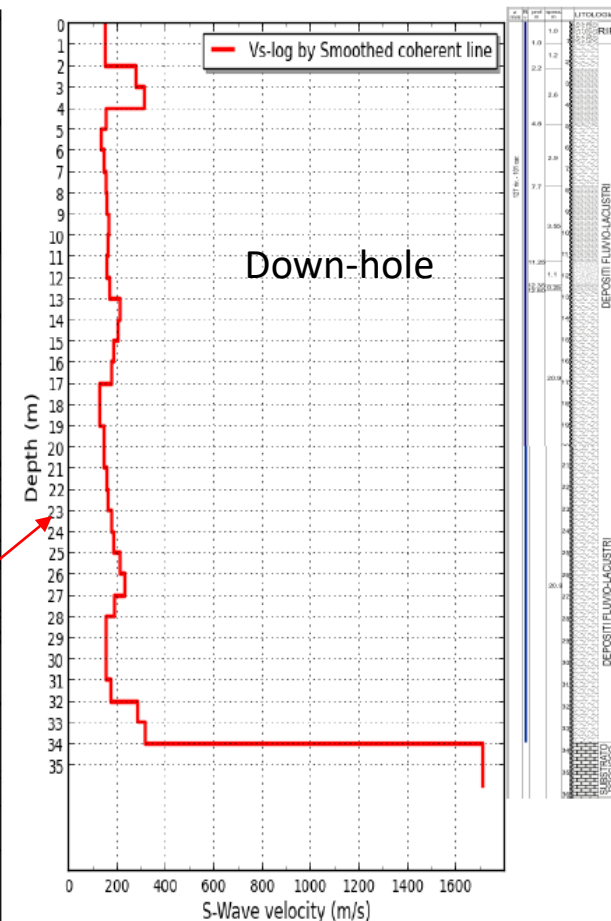
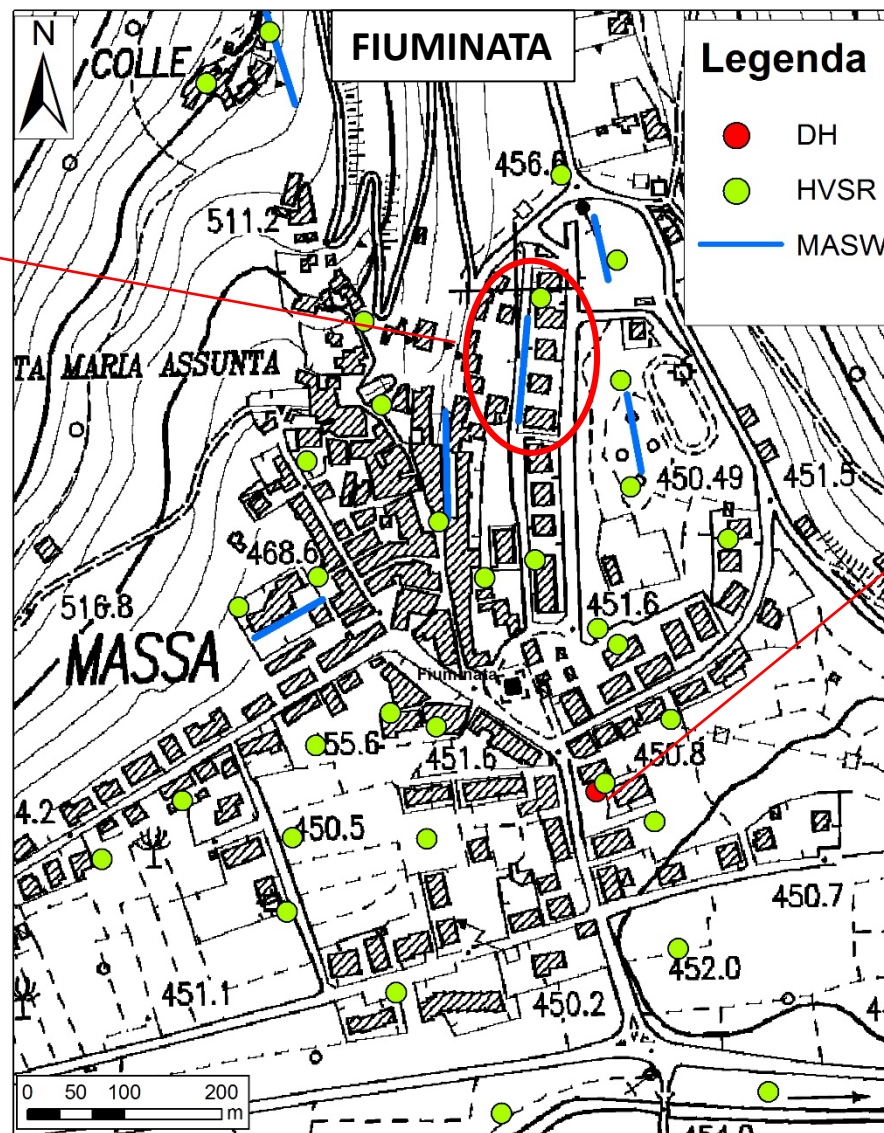
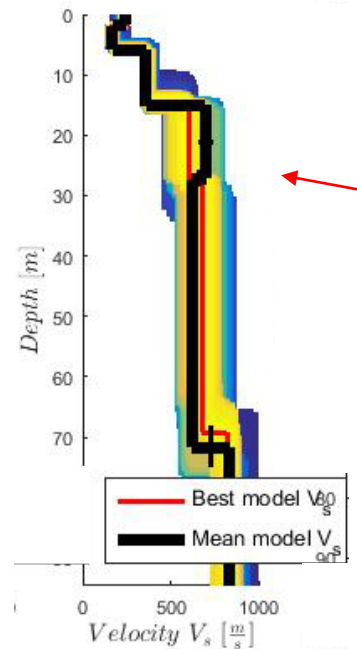
Ricostruzione degli
 abachi nei tre
 intervalli di periodi
 0.1-0.5 s / 0.4-0.8 s /
 0.7-1.1 s



STIMA FA ABACHI



Inversione congiunta



Dopo aver individuato il DG di riferimento del Comune:

1. profondità substrato sismico
2. stima V_{s30} o V_{sH}
3. stima f_0
4. stima FA per ciascuno dei 3 intervalli di periodi

Individuazione della quantità dei casi in cui il valore di FA RSL MSIII (associato a ciascuna MOPS) eccede rispetto al valore di FA abaco (ottenuto per ciascun profilo di VS).

Ci si aspetta che i valori definiti negli abachi siano caratterizzati da una probabilità di eccedenza del 25% (ovvero nel 75% dei casi il valore dovrebbe risultare conservativo).

$$Z = \frac{K - \mu(M)}{\sigma(M)}$$

numero delle non eccedenze osservate
 media delle M non eccedenze attese
 deviazione standard delle M non eccedenze attese

Z positivo: eccedenze osservate minori di quelle attese

Z negativo: eccedenze osservate maggiori di quelle attese

Z variabile casuale gaussiana standardizzata: se $|Z| > 2$, lo scarto osservato è significativo e quindi non può essere considerato casuale

Abachi						
0.1 s - 0.5 s	Abaco >=	Abaco <	Tot	Natt	Sigma	Z
Alluvionale	83	35	118	89	5	-1.17
Calcareo	117	36	153	115	5	0.42
Terrigeno	15	19	34	26	3	-4.16
0.4 s - 0.8 s						
Alluvionale	95	23	118	89	5	1.38
Calcareo	137	16	153	115	5	4.15
Terrigeno	26	8	34	26	3	0.20
0.7 s - 1.1 s						
Alluvionale	103	15	118	89	5	3.08
Calcareo	133	20	153	115	5	3.41
Terrigeno	34.0	0.0	34	26	3	3.37

L' abaco del DG Terrigeno non è abbastanza conservativo per la parte più superficiale di sottosuolo

Le TLS per questo dominio sono davvero rappresentative?

INTEGRAZIONE DOMINIO TERRIGENO

Profondità substrato sismico > 30m

T7	VS (m/s)
Substrato geologico (spessori 30-70m)	300-700
Substrato geologico (spessori 20-80m)	500 - 1100
Substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s	800-1500
T8	VS (m/s)
Limi e sabbie fini limose (spessore 3-25 m)	120 - 400
Substrato geologico (spessori 30-70m)	300 - 700
Substrato geologico (spessori 20-80m)	500 -1100
Substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s	800-1500

T9	VS (m/s)
Limi (spessore 3-10m)	150-300
Ghiaie alluvionali (spessore 2-20 m)	300-600
Substrato geologico (spessori 25-40m)	480 -770
Substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s	800-1200
T10	VS (m/s)
Ghiaie alluvionali (spessore 10-30 m)	200-600
Substrato geologico (spessori 50-80m)	600 -700
Substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s	800-1200

Informazioni ricavate dagli studi MSIII dei Comuni ricadenti sul DG Terrigeno (Apiro, Camerino, Cingoli, Matelica e Treia). Rispetto alle precedenti, queste nuove TLS sono caratterizzate da profondità minori del substrato sismico e da ULS riferite a formazioni di substrato geologico di origine terrigena contraddistinte da valori di VS maggiori.

Profondità substrato sismico < 30m

T11	VS (m/s)
Substrato geologico (spessori 10-15m)	350-600
Substrato geologico (spessori 30-70m)	800 - 1200
Substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s	800-1500

T12	VS (m/s)
Limi (spessore 5-15m)	150-300
Substrato geologico (spessori 10-15m)	450 - 900
Substrato sismico con $V_s \geq 900$ m/s	900-1500

T13	VS (m/s)
Ghiaie alluvionali (spessore 3-5 m)	300-500
Ghiaie alluvionali (spessore 10-20 m)	500-950
Substrato sismico con $V_s \geq 950$ m/s	950-1200

Informazioni ricavate principalmente dai Comuni di Apiro, Camerino e Cingoli.

RIPETIZIONE DELLA PROCEDURA DI VALIDAZIONE

1. Ricostruzione dell'intero abaco del DG Terrigeno
2. Stima dei nuovi valori di FA per i Comuni appartenenti al DG Terrigeno

Abachi						
0.1 s - 0.5 s	Abaco>=	Abaco<	Tot	Natt	Sigma	Z
Alluvionale	69	25	94	71	4	-0.36
Calcareo	109	32	141	106	5	0.63
Terrigeno	50	23	73	55	4	-1.28
0.4 s - 0.8 s						
Alluvionale	76	18	94	71	4	1.31
Calcareo	127	14	141	106	5	4.13
Terrigeno	61	12	73	55	4	1.69
0.7 s - 1.1 s						
Alluvionale	82	12	94	71	4	2.74
Calcareo	123	18	141	106	5	3.35
Terrigeno	70.0	3.0	73	55	4	4.12

→ Il nuovo abaco fornisce stime
sufficientemente conservative

CONCLUSIONI

- La procedura di validazione svolta sulla prima stesura degli abachi della Regione Marche è stata di fondamentale importanza per verificare se le stime di FA attese nei diversi DG fossero ragionevolmente conservative.
- La validazione è stata possibile grazie alla notevole quantità di dati ottenuti dagli studi di MSIII, che hanno permesso di prendere in considerazione più di 300 profili di VS, di cui più di 30 ottenuti direttamente tramite indagini down-hole
- gli abachi producono una stima di FA considerevolmente conservativa per i DG Calcareo e Alluvionale. Ciò non è risultato per il Dominio Terrigeno, il cui abaco è stato integrato con nuove TLS che ne hanno notevolmente migliorato il carattere conservativo delle stime di FA.
- per l'intervallo 0.7-1.1 s gli abachi forniscono stime sovra-conservative ($Z > +2$) per tutti e tre i Domini Geologici.

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**