

---

# Abachi microzonazione

<b>Part I Generalità</b>	<b>1</b>
1 ANALISI DI LIVELLO I .....	2
2 ANALISI DI LIVELLO II .....	2
3 ANALISI DI LIVELLO III .....	3
<b>Part II Amplificazione litostratigrafica</b>	<b>4</b>
<b>Part III Abachi</b>	<b>5</b>
<b>Part IV Geoapp</b>	<b>8</b>
1 Sezione Geoapp .....	8
<b>Part V Libri consigliati</b>	<b>9</b>
<b>Index</b>	<b>0</b>

## 1 Generalità

Gli studi di microzonazione sismica hanno lo scopo di riconoscere le condizioni locali che, in caso di evento sismico, possono dar luogo ad effetti di sito, cioè ad amplificazioni del moto sismico e a fenomeni di instabilità del terreno (instabilità di versante, liquefazione, cedimenti differenziali e così via). I livelli di analisi previsti dal RR09-A4 ed i soggetti coinvolti nella realizzazione degli studi sono così definiti:

**Livello I:** Il Livello I è di competenza regionale o, in assenza di studi regionali, del soggetto attuatore dello studio di microzonazione e rappresenta un livello propedeutico agli studi successivi. Le analisi vengono fatte utilizzando dati già esistenti e di facile reperibilità, ed hanno lo scopo di individuare cautelativamente le aree che sono potenzialmente soggette ai diversi effetti di sito, quali ad esempio effetti di amplificazione locale, liquefazione ed instabilità dei pendii. Poiché questo livello di analisi deve permettere di inquadrare le problematiche della zona di studio in prospettiva sismica, l'area investigata non deve essere strettamente limitata alla zona per cui è richiesto lo studio di microzonazione, bensì le indagini devono essere estese al di fuori di questa in modo da permettere la caratterizzazione geologica e litostratigrafica del sito di interesse. I risultati ottenuti hanno carattere qualitativo e vengono periodicamente aggiornati e verificati in considerazione delle nuove conoscenze derivanti da nuove analisi o da analisi più approfondite.

**Livello II:** Il Livello II di analisi è di competenza delle autorità che predispongono un nuovo piano territoriale o modifica a piano territoriale esistente, e deve considerare tutte le aree individuate nel Livello I che ricadono nell'area di interesse per lo sviluppo proposto. Gli studi di Livello II utilizzano metodi semplificati per restituire una valutazione quantitativa degli effetti di sito considerati e danno indicazioni sulla necessità e sul tipo di analisi che devono essere svolte al Livello III. Il Livello II necessita di dati che definiscono le caratteristiche dei terreni, che possono derivare da misurazioni dirette, sempre preferibili, correlazioni empiriche od entrambe.

**Livello III:** Il Livello III di analisi è previsto solo per gli effetti di amplificazione locale ed approfondisce gli studi di Livello II utilizzando analisi rigorose e dati di maggior dettaglio. Tali studi vanno eseguiti per piani di sviluppo di particolare importanza e condizioni litostratigrafiche o

morfologiche complesse, in cui si ritiene che i metodi semplificati di Livello II siano insufficienti a caratterizzare in modo esauriente il moto sismico al sito.

## 1.1 ANALISI DI LIVELLO I

Il Livello I di analisi della microzonazione sismica, in accordo con quanto proposto dalle LGMS – DPC, è di tipo qualitativo. Esso è obbligatorio e propedeutico all'esecuzione di studi successivi, in quanto costituisce il livello in cui vengono raccolte e rielaborate le informazioni esistenti per permettere un inquadramento generale, geologico e stratigrafico in prospettiva sismica, dell'area di studio. Gli elaborati fondamentali che vengono richiesti a questo stadio sono la carta delle indagini, la carta geologico-tecnica e la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Gli shapefile necessari alla produzione di tali carte sono descritti in seguito. Oltre agli shapefile il soggetto realizzatore degli studi dovrà fornire la carta geologico-tecnica in formato raster georeferenziato, secondo le modalità indicate al § 3.2. Come già detto le carte di Livello I sono prodotte con dati esistenti e facilmente reperibili. In assenza di dati preesistenti dovranno essere eseguite delle indagini per definire stratigrafie e spessore delle coperture (§ 1.6.3.1.2 LGMS\_DPC). La scala finale di rappresentazione non dovrà essere inferiore a 1:10.000 - 1:5.000.

## 1.2 ANALISI DI LIVELLO II

Le carte di Livello II sono di competenza dell'autorità che predispone un nuovo Piano Territoriale o Piano Strutturale Comunale e loro modifiche, come predisposto dalla RR09-A4. Tali carte utilizzano metodi semplificati, esposti nelle LGMS – DPC per dare una valutazione quantitativa degli effetti sismici attesi che interessano l'area di sviluppo territoriale, sia in termini di amplificazione sismica, litostratigrafica e/o topografica, che di

instabilità (frane sismo-indotte, liquefazione, deformazioni permanenti). Gli elaborati fondamentali che vengono richiesti a questo stadio sono la carta delle indagini, la carta geologico-tecnica e la carta di microzonazione sismica di Livello II. Di particolare importanza per ogni piano territoriale, sono gli studi relativi all'amplificazione litostratigrafica, e le indagini 1D eseguite per gli studi di microzonazione. Gli altri studi verranno eseguiti in base al tipo di effetti di sito presenti in un'area di sviluppo, segnalati nelle carte di Livello I. E' comunque responsabilità dell'autorità che predispone lo studio di microzonazione sismica di Livello II valutare la necessità di eseguire studi sugli altri effetti di sito oltre all'amplificazione litostratigrafica, ponendo particolare attenzione agli effetti di liquefazione e di frane sismo-indotte, così come di indicare dove eventuali indagini 2D andrebbero eseguite.

### **1.3 ANALISI DI LIVELLO III**

Per questo livello di analisi si valuterà in maniera quantitativa l'amplificazione litostratigrafica e/o topografica utilizzando dati di ingresso di migliore qualità rispetto a quelli usati nel Livello II e metodi di analisi più sofisticati. I risultati richiesti sono carte di zonazione rigorosa dove lo scuotimento sismico è rappresentato dagli spettri di risposta in accelerazione alla superficie. Il Livello III di analisi viene utilizzato o per piani di sviluppo che includono opere di particolare importanza (scuole, ospedali, e opere in generale in classe d'uso III e IV), o per situazioni locali particolari per quel che riguarda la risposta sismica. Ad esempio si utilizzerà il Livello III dove le analisi di Livello II hanno individuato la possibilità di amplificazioni legate alla presenza di bacini sepolti che potrebbero dare luogo a possibili effetti bidimensionali, o a casi di amplificazione topografica non risolvibili con l'utilizzo degli abachi semplificati. Si utilizzerà inoltre questo livello di analisi qualora 1) per gli studi di amplificazione litostratigrafica del Livello II siano disponibili solo gli abachi predisposti dal DPC e 2) le successioni litostratigrafiche caratteristiche dell'area di studio si discostino considerevolmente da quelle proposte negli abachi del DPC. In questo senso il tipo di studi esposto per il Livello III potrà essere utilizzato non solo per studi di microzonazione relativi a singoli piani territoriali ma anche per produrre abachi specifici per la valutazione dell'amplificazione litostratigrafica in relazione al contesto geologico e stratigrafico caratteristico della regione

Calabria. I metodi di analisi che è possibile utilizzare per questo livello includono misure empiriche di amplificazione e simulazioni numeriche mono- bi- o tridimensionali. Qui di seguito vengono esposti alcuni metodi utilizzati nell'analisi di risposta sismica, mentre nei paragrafi successivi saranno descritti degli elaborati e il formato degli shapefile da caricare nel SI - TERC. Per un ulteriore approfondimento degli argomenti esposti si può fare riferimento alle LGMS\_DPC e all'ampia letteratura disponibile.

## 2 Amplificazione litostratigrafica

Le carte di amplificazione litostratigrafica del secondo livello definiscono in modo quantitativo l'amplificazione utilizzando la metodologia semplificata esposta nelle LGMS – DPC. Tale metodologia si basa sull'utilizzo di abachi che forniscono i fattori di amplificazione da applicare allo spettro di risposta fornito dalla pericolosità sismica di base per ottenere lo spettro al sito.

Alcuni abachi di riferimento sono forniti dalle LGMS – DPC, e possono essere usati fino alla pubblicazione di abachi rispondenti alle situazioni specifiche delle regioni.

Lo scopo di queste carte è di dare un'indicazione quantitativa dei fattori di amplificazione utilizzando una metodologia comune e confrontabile per tutte le regioni.

Gli abachi pubblicati dalle LGMS – DPC sono riferiti a diversi livelli di accelerazione. Tali livelli avranno diversi periodi di ritorno nei vari comuni, a seconda del livello della pericolosità di base, più elevato lungo la catena appenninica e più basso lontano da questa.

L'autorità che predispone lo studio è responsabile per la scelta di un livello di ag coerente con un periodo di ritorno adeguato all'importanza dello sviluppo proposto. Dove tale livello non fosse disponibile si renderà necessario passare ad analisi di Livello III, eseguendo le proprie analisi numeriche e selezionando un input sismico adeguato.

### 3 Abachi

#### Amplificazione litostratigrafica

Le carte di amplificazione litostratigrafica del secondo livello definiscono in modo quantitativo l'amplificazione utilizzando la metodologia semplificata esposta nelle LGMS . Tale metodologia si basa sull'utilizzo di abachi che forniscono i fattori di amplificazione da applicare allo spettro di risposta fornito dalla pericolosità sismica di base per ottenere lo spettro al sito. In RSL è possibile utilizzare gli abachi forniti dalle LGMS oppure abachi personalizzati dalle singole REGIONI.

Nota importante su come aggiungere nuovi abachi

- 1) Creare, dentro la cartella di installazione del programma una cartella con il nome della Regione all'interno della quale posizione i file.
- 2) I File contenente gli abachi sono dei file di testo (\*.csv) strutturati come indicato in figura:

La prima riga contiene le informazioni contenute nella tabella. I nomi dei file possono essere generici, tuttavia si consiglia di assegnare ai file dei nomi del tipo: Litotipo\_Accelerazione\_Profilo Velocità\_Fattore di amplificazione. Ad esempio: Argilla\_0.06\_Costante\_FA, Argilla\_0.06\_Costante\_FV.csv, Argilla\_0.06\_LPI\_FV.csv "Lineare pendenza intermedia".

Nota: Per un esempio completo consultare il contenuto di una cartella all'interno di RSL.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Argilla	0.06	Costante	FA							
2		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
3	5	2.37	1.84	1.56	1.47	1.34	1.22	1.12	1.07	1.02	1
4	10	2.39	2.25	1.99	1.75	1.54	1.38	1.27	1.17	1.08	1.03
5	15	1.76	2.05	1.99	1.85	1.69	1.53	1.4	1.29	1.13	1.05
6	20	1.53	1.61	1.8	1.76	1.68	1.57	1.46	1.36	1.19	1.07
7	25	1.49	1.47	1.49	1.61	1.58	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08
8	30	1.45	1.44	1.4	1.39	1.47	1.44	1.39	1.33	1.21	1.08
9	35	1.39	1.42	1.4	1.34	1.33	1.36	1.33	1.29	1.18	1.08
10	40	1.3	1.39	1.36	1.33	1.27	1.25	1.27	1.24	1.16	1.07
11	50	1.24	1.32	1.32	1.3	1.27	1.22	1.17	1.14	1.1	1.04
12	60	1.16	1.24	1.26	1.27	1.24	1.22	1.18	1.13	1.06	1.01
13	70	1.14	1.23	1.23	1.23	1.21	1.19	1.17	1.13	1.06	0.99
14	80	1	1.15	1.19	1.18	1.19	1.16	1.14	1.13	1.06	1
15	90	1.02	1.15	1.17	1.18	1.15	1.14	1.12	1.1	1.06	1
16	100	0.95	1.12	1.12	1.17	1.15	1.11	1.09	1.08	1.05	1
17	110	0.89	1.03	1.11	1.13	1.13	1.14	1.09	1.05	1.03	0.99
18	120	0.85	1.02	1.11	1.09	1.12	1.12	1.09	1.05	1.01	0.98
19	130	0.8	0.98	1.06	1.09	1.08	1.09	1.09	1.05	1	0.96
20	140	0.78	0.93	0.99	1.08	1.06	1.08	1.06	1.06	1	0.95
21	150	0.73	0.91	1	1.06	1.07	1.04	1.05	1.03	1	0.9

## Dati di ingresso

La metodologia proposta utilizza abachi predisposti per diversi profili litologici di riferimento, intendendo con questo una litologia prevalente per la copertura, e per diversi gradienti del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nel terreno. I modelli litologici presenti negli abachi delle LGMS-DPC utilizzano tre litologie prevalenti (Argilla, Sabbia e Ghiaia), con spessori fra 5 e 150 metri, e tre profili di Vs, uno a Vs costante e gli altri due con pendenza lineare intermedia e massima. La velocità media per ogni profilo varia tra 100 m/s e 750 m/s, mentre la Vs del bedrock sismico è fissata uguale a 800 m/s. Sarà quindi necessario eseguire delle indagini per definire:

- la litologia prevalente per la copertura;
- la profondità del bedrock sismico e lo spessore delle coperture;
- il gradiente del profilo di Vs da utilizzare;
- la VSH, cioè la Vs media calcolata su tutto lo spessore H di depositi.

I risultati degli abachi sono costituiti da due fattori di amplificazione chiamati **FA** ed **FV**. Il primo è un fattore di amplificazione relativo ai corti periodi, determinato intorno al periodo per cui si ha il massimo della risposta in accelerazione, il secondo è un fattore di amplificazione relativo ai periodi lunghi, determinato intorno al periodo per cui si ha la massima risposta in pseudovelocità.

## Utilizzo di FA ed FV per il calcolo degli spettri di risposta elastici in superficie

I fattori amplificativi **FA** ed **FV** possono essere utilizzati per ottenere lo spettro di risposta elastico in superficie a partire dallo spettro di norma previsto dalle NTC08 per un sito di riferimento rigido orizzontale.

Le forme spettrali delle NTC08 sono definite in funzione di tre parametri: **ag**, **Fo** e **Tc\***, definiti per i nodi di un reticolo di riferimento e per diversi periodi di ritorno compresi tra 30 anni e 2475 anni. Questi parametri vengono utilizzati per costruire lo spettro di risposta elastico in accelerazione, il quale è espresso da una forma spettrale riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale (NTC08, § 3.2.3.2). A partire da questo spettro di norma utilizzato come input si può costruire lo spettro elastico in superficie con smorzamento al 5% utilizzando i fattori di amplificazione **FA** ed **FV** degli abachi.

## Amplificazione topografica

Le carte di amplificazione topografica definiscono in modo quantitativo l'amplificazione utilizzando gli abachi forniti dalle LGMS – DPC, validi per configurazioni semplici della morfologia superficiale e per effetti puramente topografici, cioè in presenza di bedrock sismico affiorante. Gli abachi forniscono il Fattore di Amplificazione Topografica **FAt**, che può essere utilizzato per il calcolo degli spettri di risposta elastici in superficie analogamente al fattore di amplificazione topografica  $S_t$  delle NTC08. Dove l'effetto litostratigrafico si somma a quello topografico si considera, a questo livello, predominante quello litostratigrafico.

Le due categorie morfologiche per cui sono stati sviluppati gli abachi sono:

- Creste con fianchi ad inclinazione  $\alpha \geq 10^\circ$ ;
- Scarpate con fronti di altezza  $H \geq 10$  metri e pendenza del fronte principale  $\alpha \geq 10^\circ$ .

## 4 Geoapp

### Geoapp: la più grande suite del web per calcoli online

Gli applicativi presenti in [Geostru Geoapp](#) sono stati realizzati a supporto del professionista per la soluzione di molteplici casi professionali. Geoapp comprende oltre 40 [applicazioni](#) per: Ingegneria, Geologia, Geofisica, Idrologia e Idraulica.

La maggior parte delle applicazioni sono gratuite, altre necessitano di una sottoscrizione (subscription) mensile o annuale.

*Perchè si consiglia la subscription?*

Perchè una subscription consente di:

- usare applicazioni professionali ovunque e su qualunque dispositivo;
- salvare i file in cloud e sul proprio PC;
- riaprire i file per elaborazioni successive;
- servizi di stampa delle relazioni ed elaborati grafici;
- notifica sull'uscita di nuove applicazioni ed inclusione automatica nel proprio abbonamento;
- disponibilità di versioni sempre aggiornate;
- servizio di assistenza tramite Ticket.

### 4.1 Sezione Geoapp

#### Generale ed Ingegneria, Geotecnica e Geologia

Tra le applicazioni presenti, una vasta gamma può essere utilizzata per **RSL**. A tale scopo si consigliano i seguenti applicativi:

- [Zone sismogenetiche](#)
- [Mappa dei Rischi dei Comuni Italiani](#)
- [Parametri Sismici PRO](#)
- [Stabilità del terreno - pendio indefinito](#)
- [Analisi di stabilità di superfici piane](#)
- [Carico limite e cedimenti](#)
- [Classificazione suoli NTC2018](#)
- [Classificazione delle terre SMC](#)
- [Liquefazione](#)

## 5 Libri consigliati

### Libri per ingegneria geotecnica e geologia

**Portale libri:** [consulta la libreria on-line](#)

#### • Guida pratica alla risposta sismica locale 1D

[Guida pratica alla Risposta sismica locale 1D](#) nasce con l'intento, di fornire delle nozioni di base, anche se molto superficiali, su tutte le componenti che entrano in gioco negli studi di risposta sismica locale. Quindi i temi che verranno affrontati danno una panoramica, anche se non completamente esaustiva, degli strumenti operativi necessari ad una adeguata comprensione degli aspetti del problema sismico direttamente o indirettamente legati agli effetti delle risposta sismica locale, e delle modalità di esecuzione degli studi da effettuare per la loro determinazione in una logica multidisciplinare. Si spera che questo libro sia di ausilio per coloro che, partendo da una scarsa formazione di base del problema vogliano avere una comprensione delle problematiche da affrontare. Nella parte finale del libro, inoltre verrà, fornito un esempio di come condurre uno studio di risposta sismica locale mono-dimensionale con l'ausilio, per quanto riguarda l'analisi numerica del software RSL III della GeoStru software.

## • **Methods for estimating the geotechnical properties of the soil**

[Methods for estimating the geotechnical properties of the soil](#): semi-empirical correlations of geotechnical parameters based on in-situ soil tests.

This text is designed for all professionals who operate in the geotechnical subsurface investigation. The purpose of this text is to provide an easy reference tool relatively to the means available today.

Theoretical insights have been avoided, for which please refer to the bibliography attached, except in cases where these were considered essential for the understanding of the formulation. The reason for this is obvious: make the text as easy to read as possible.

After a brief introduction about volumetric and density relationships with the most common definitions used for soils, in the following chapters we briefly described some of the most widespread in situ geotechnical testing and correlations to derive empirically geotechnical parameters and a number of useful formulations available today in the field of Geology.

The text concludes with the inclusion of formulas used in Technical Geology, considered of daily use to those working in the sector.

The topics are intended to provide a basic understanding of the in situ geotechnical testing and evaluation of geotechnical parameters necessary to define the geotechnical model.

## • **TERRAE MOTUS Conoscere per prevenire**

[Terrae Motus Conoscere per Prevenire](#) (dal latino terrae motus, cioè "movimento della terra") è un testo rivolto a professionisti e docenti delle scuole di ogni ordine e grado, per essere aiutati ad affrontare le tematiche del rischio sismico, con informazioni di carattere generale e consigli utili per meglio fronteggiare tale evento.

Il libro comprende 11 capitoli: (1.0 INTRODUZIONE, 2.0 COME SI ORIGINA UN TERREMOTO, 3.0 LA CONFORMAZIONE INTERNA DELLA TERRA, 3.0.1 La crosta esterna, 3.0.2 Il mantello, 3.0.3 Il nucleo, 4.0 LA TEORIA DELLA TETTONICA DELLE PLACCHE, 5.0 LE FAGLIE,

6.0 LE ONDE SISMICHE, 7.0 GLI STRUMENTI PER MISURARE UN TERREMOTO, 8.0 COME SI MISURA UN TERREMOTO, 8.0.1 Scale di intensità macrosismica, 8.0.2 Magnitudo, 9.0 LA PREVISIONE DEI TERREMOTI, 10.0 IL RISCHIO SISMICO, 10.0.1 La pericolosità sismica, 10.0.2 La vulnerabilità sismica, 10.0.3 L'esposizione, 11.0 MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO, 11.0.1 Norme di comportamento).



