



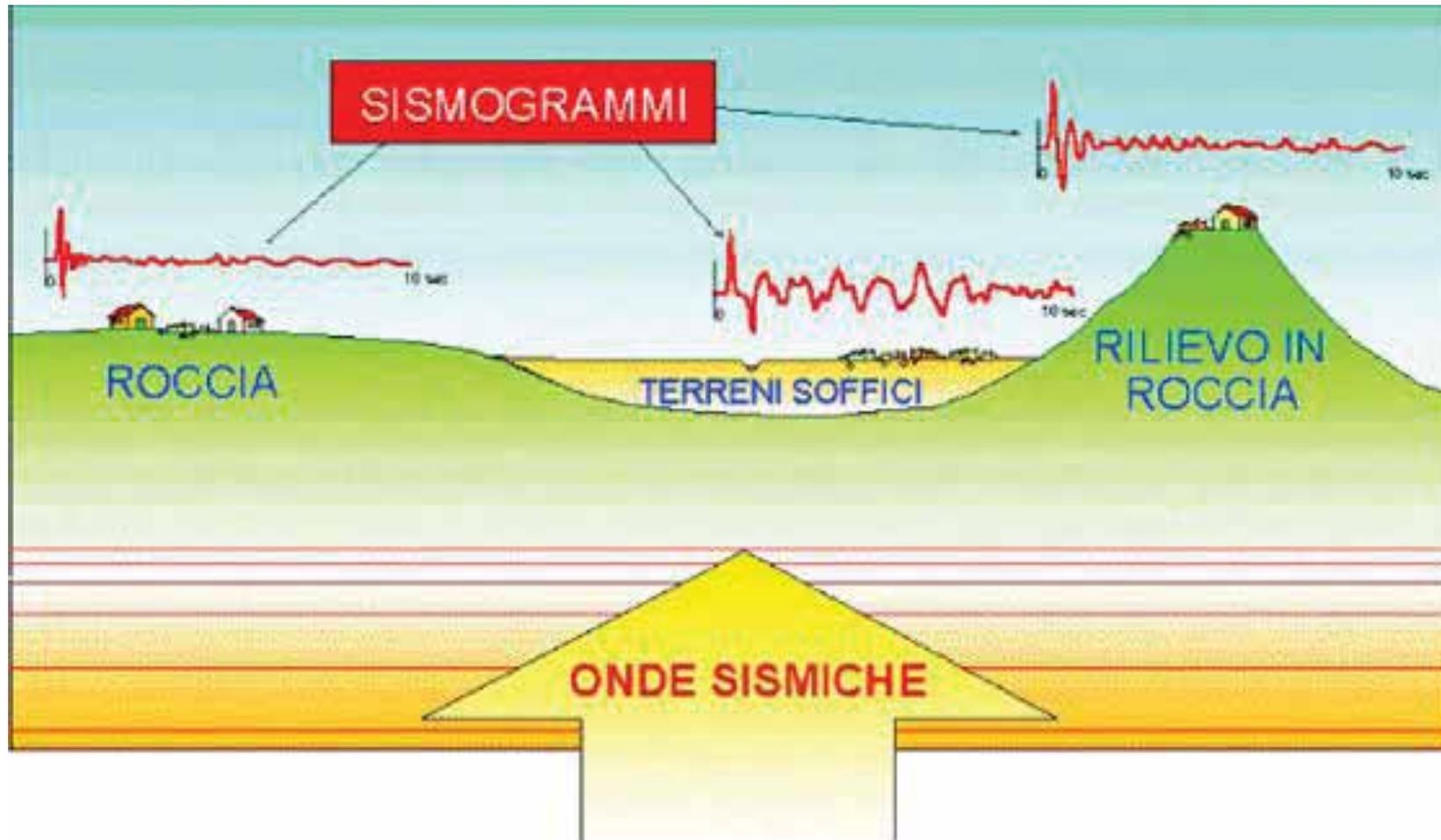
*Microzonazione e prescrizioni sismiche contenute negli strumenti urbanistici: input progettuali  
Nuove procedure relative alle istanze di autorizzazione sismica e depositi ai sensi della LR 19/2008*

*mercoledì 26 giugno 2019, Aula Magna UniMoRE, Reggio Emilia*

# **Impostazioni progettuali conseguenti alle prescrizioni sismiche degli strumenti urbanistici e alle microzonazioni**

**Luca Martelli**





effetti locali: alcuni depositi (es. sedimenti recenti poco consolidati) e particolari forme del territorio (creste, cocuzzoli, ...) possono modificare l'ampiezza, la frequenza e la durata del moto sismico in superficie; si possono così avere effetti temporanei, che cessano quando cessa il terremoto (es. amplificazione del moto sismico), e modifiche permanenti del paesaggio (cedimenti, frane, rotture del terreno, ...)

*LR 19/2008 «Norme per la riduzione del rischio sismico»*

*Art. 10 - Rapporto con il titolo abilitativo edilizio*

...

3. Per assicurare che nella redazione del progetto architettonico si sia tenuto debitamente conto delle esigenze di riduzione del rischio sismico, la domanda per il rilascio del permesso di costruire e la denuncia di inizio attività sono corredate, a scelta del committente, da una delle seguenti documentazioni:

...

b) l'indicazione del progettista abilitato che cura la progettazione strutturale dell'intero intervento e una dichiarazione di quest'ultimo che asseveri il rispetto delle norme tecniche per le costruzioni e delle prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica. ...

*DGR 1373/2011 «Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire ..., ai sensi dell'art. 12, c.1, e dell'art. 4, c. 1, della L.R. 19/2008.»*

Allegato A: A.1 – NUOVE COSTRUZIONI, A.2 – COSTRUZIONI ESISTENTI

La documentazione minima è costituita da:

a - Dichiarazione: firmata dal progettista abilitato che cura la progettazione strutturale dell'intero intervento, contenente la asseverazione che l'intervento è progettato nel rispetto delle Norme tecniche delle costruzioni e delle prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

*L 55/2019 «Disposizioni urgenti per il rilancio del settore dei contratti pubblici, per l'accelerazione degli interventi infrastrutturali, di rigenerazione urbana e di ricostruzione a seguito di eventi sismici.».*

Art. 3

1., c), 4. I progetti relativi ai lavori di cui al presente articolo sono accompagnati da una dichiarazione del progettista che asseveri il rispetto delle norme tecniche per le costruzioni e la coerenza tra il progetto esecutivo riguardante le strutture e quello architettonico, nonché il rispetto delle eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione urbanistica.

**Risposta Sismica Locale (RSL): stima dello scuotimento atteso al sito durante un terremoto.**

È un'*analisi puntuale* che fornisce uno spettro di risposta elastico, accelerogrammi e valori dello scuotimento in termini di coefficiente di amplificazione, accelerazione, velocità e spostamenti, per un determinato tempo di ritorno, alla superficie, o al piano di imposta delle fondazioni, nel sito d'interesse.

**Microzonazione Sismica (MS): suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento in caso di terremoto.**

È un'*analisi areale* che restituisce carte in cui sono perimetrate in dettaglio zone a diverso comportamento (RSL); all'interno di ogni zona il comportamento del terreno è considerato omogeneo.

Ad ogni zona è associato un coefficiente di amplificazione e/o il valore di scuotimento atteso in termini di spettro di risposta, accelerogrammi, valore di accelerazione, velocità e spostamenti, l'eventuale valore dell'indice di instabilità (di versante, liquefazione, densificazione, rotture del terreno, ...) e dei conseguenti cedimenti/spostamenti.

## Esempio di carta di microzonazione sismica

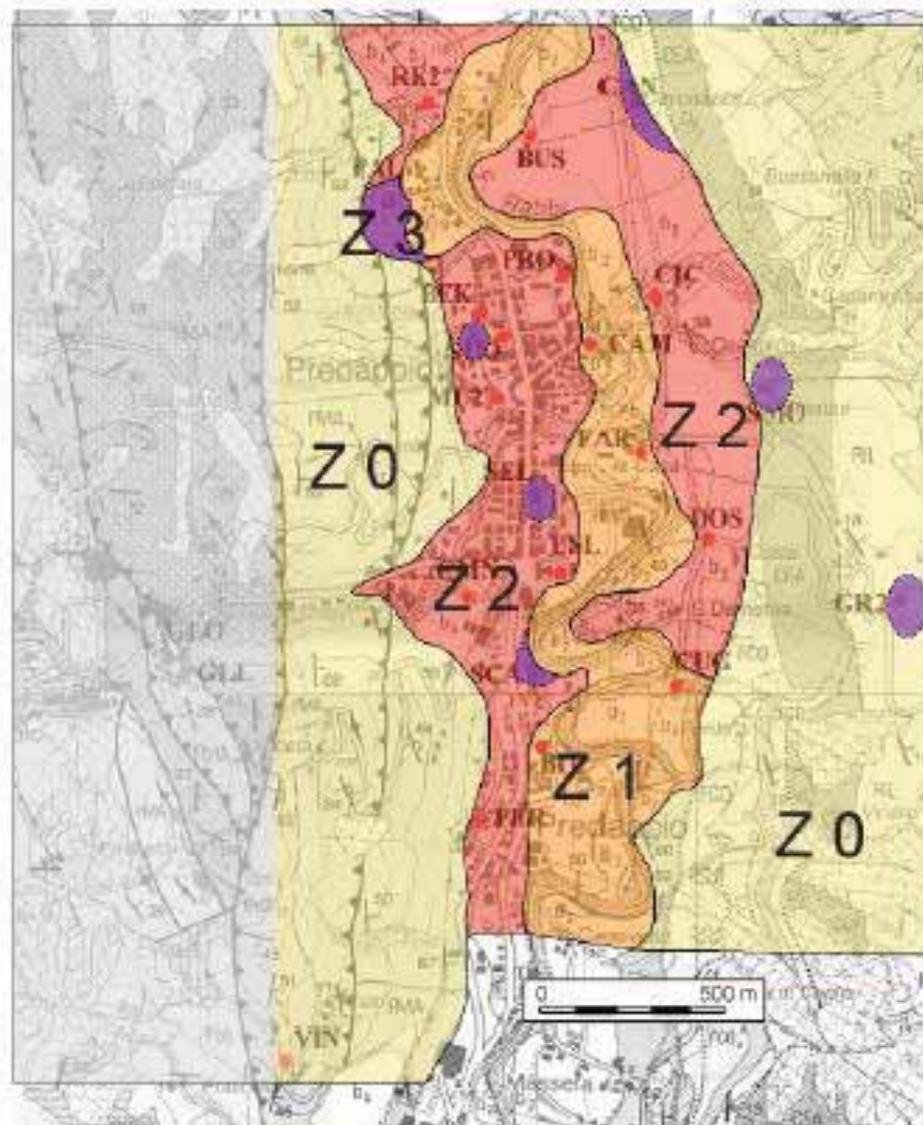


Figura 1: Microzonazione sismica di Predappio Bassa

SA\_zona / SA\_pericolosità'

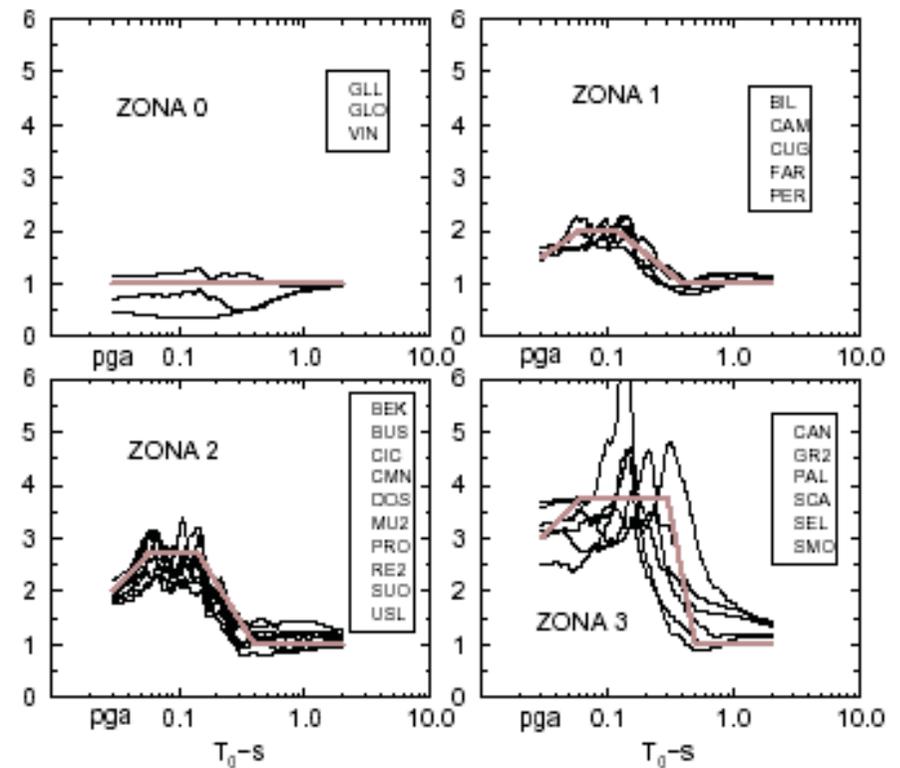


Figura 2: Rapporto fra gli spettri di risposta valutati nei vari siti stazione e quello della pericolosità' sismica associato a un generico sito posto sulla Formazione Marnosa Arenacea. In neretto le amplificazioni degli spettri di risposta proposte per le varie zone.

## Norme per la pianificazione urbanistica

LR 24/2017, art. 22, comma 2:

... I quadri conoscitivi del PUG, dell'accordo operativo e del piano attuativo di iniziativa pubblica contengono le analisi della pericolosità sismica locale, l'analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE) e la microzonazione sismica del territorio, che consentono ai medesimi strumenti di pianificazione di fornire specifici indirizzi e prescrizioni per le parti del territorio che risultano maggiormente esposte a pericolosità sismica, in conformità all'atto di coordinamento tecnico regionale in materia.

## Norme per la progettazione

NTC 2018, par. 3.2:

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

**Sia la microzonazione sismica che la progettazione richiedono la valutazione della pericolosità sismica locale ovvero la stima dell'azione sismica al sito (in superficie o al piano delle fondazioni, nell'area d'interesse).**

**MS e progettazione, relativamente alla stima dell'azione sismica, hanno quindi evidenti punti in comune ma anche sostanziali differenze.**

**Scopo di questa presentazione è discutere i punti in comune e le differenze tra MS e la valutazione degli effetti di sito per il calcolo dell'azione sismica (ai sensi delle NTC2018) e fornire indicazioni per l'uso degli studi di MS nella progettazione.**

- **La MS è finalizzata soprattutto alla pianificazione urbanistica e analizza il comportamento sismico del terreno a scala territoriale.**
- **La progettazione è finalizzata alla realizzazione di costruzioni e l'azione sismica viene stimata per il sito d'intervento.**

**Le diverse finalità comportano diverse procedure di analisi e diversi elaborati.**

## Aspetti caratterizzanti la MS - 1

- **finalità:** perimetrazione di zone omogenee in relazione alla pericolosità sismica locale al fine di stabilire gerarchie di pericolosità fra di esse e fornire elementi conoscitivi per la pianificazione urbanistica, dell'emergenza e del post-terremoto, la progettazione di opere a scala vasta;
- **scala:** urbana, comunale e/o di una sua frazione (aree di espansione, aree di ristrutturazione, aree per la realizzazione di grandi opere strategiche, ...);
- **principali promotori e utilizzatori:** Enti Locali (Comuni, Unioni di Comuni);
- **livelli di approfondimento:** sono previsti 3 livelli di approfondimento:
  1. propedeutico alla vera e propria MS, elabora essenzialmente i dati preesistenti e individua le aree suscettibili di effetti locali;
  2. quantifica l'amplificazione sismica nelle zone stabili e con modello geologico 1D tramite abachi, utilizzando risultati di indagini in sito (geofisiche e geotecniche) di tipo corrente (MS semplificata);
  3. quantifica l'amplificazione sismica tramite analisi RSL (anche 2D e 3D) e gli indici di pericolosità delle aree instabili (frane, zone liquefacibili, ...); sono richieste indagini più approfondite, in sito e in laboratorio; restituisce una *carta di microzonazione sismica di terzo livello con approfondimenti* su specifiche criticità;

***N.B.: l'adozione di 3 livelli di approfondimento consente una grande flessibilità nelle applicazioni in quanto permette di adeguare il livello di approfondimento alle criticità, alle risorse e ai tempi disponibili nonché al tipo di utilizzazione.***

## Aspetti caratterizzanti la MS – 2

- **indagini e dati di ingresso**: dati di pericolosità sismica di base (scala nazionale e regionale) e dati geologici, geofisici e geotecnici distinti per problema (RSL, frane, liquefazione, fagliazione, ...); poiché la scala di indagine è in genere vasta e le risorse non consentono di esplorare in grande dettaglio il territorio, la programmazione delle indagini *ad hoc* deve essere preceduta dalla raccolta e dall'**accurata selezione, elaborazione e interpretazione dei dati esistenti**; le nuove indagini devono essere rapportate al livello di approfondimento;
- **metodologie di valutazione della pericolosità**: **rapportate al livello di approfondimento**, al tipo di problema (RSL, frane, liquefazione, fagliazione, ...), alle caratteristiche morfologiche, geologiche e geotecniche del territorio, alle risorse;
- **elaborati attesi**: prodotti scientifici e tecnici intermedi quali la **carta delle indagini, delle litologie (geologico-tecnica)**, dei principali elementi geologici sepolti (litotipi, isopache e isobate delle superfici), **delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)**, ... ; il **prodotto finale è la carta delle microzone**, *dove sono perimetrare le aree a differente risposta sismica locale a cui sono assegnati valori di parametri rappresentativi della risposta o spettri elastici e degli indici di instabilità.*
- **soggetti realizzatori**: lo studio è spesso realizzato da un **gruppo interdisciplinare**;
- solitamente le **analisi sono condotte per  $T_R=475$  anni**.

## Aspetti qualificanti le NTC

- **finalità:** valutazione delle azioni sismiche per il calcolo strutturale tenendo conto della risposta dei terreni di fondazione e del sito (area intorno alla costruzione); + valutazione della pericolosità per liquefazione, frane, cedimenti, spostamenti, ...;
- **scala:** è tipicamente la scala del manufatto;
- **soggetti:** progettista, altri esperti (geologi, geotecnici, ...), committente;
- **livelli di approfondimento:** si riferiscono alle fasi della progettazione (studi di fattibilità, progetto di massima, definitivo, esecutivo) e all'importanza dell'opera;
- **indagini e dati di ingresso:** si richiedono *sempre indagini ad hoc* (prove in sito, prove di laboratorio, ...) che devono consentire, nei casi più semplici, la determinazione della categoria di sottosuolo nonché delle principali caratteristiche geotecniche, e, nei casi più complessi, la valutazione, con procedure specifiche, della RSL e del pericolo di liquefazione, della stabilità del pendio, ...;
- **metodologie di valutazione della pericolosità:** rapportate alla fase della progettazione e al tipo di problema (RSL, instabilità dei pendii, pericolo di liquefazione, fagliazione, ...);
- **elaborati attesi:** sono da riportare alla fase della progettazione e consistono in relazioni, a vario livello di complessità, sulle indagini a sostegno della progettazione e in relazioni di calcolo dell'insieme opera-terreno di fondazione.

## Principali differenze tra NTC e studi di MS:

- *differente scala*: la MS opera in ambiti territoriali e sub-territoriali, le NTC riguardano la progettazione di opere a scala di manufatto;
- *modalità di utilizzo degli studi di MS*: gli studi di MS sono direttamente utilizzabili per la pianificazione urbanistica e dell'emergenza; per quanto riguarda la progettazione strutturale, gli studi di MS (Livelli 2 e 3) sono *un importante riferimento* che offre elementi di conoscenza per orientare il progettista sulla natura dei rischi del sito in cui il manufatto ricade, sugli approfondimenti da effettuare, sulle indagini sui terreni fondazione e nel sito, ecc., ma, salvo eccezioni, *non sono direttamente utilizzabili per la progettazione.*

In estrema sintesi:

- **la MS fornisce indicazioni su dove costruire;** la suddivisione del territorio in base alla pericolosità sismica locale permette l'individuazione delle aree a minore pericolosità e quindi fornisce indicazioni sulle aree più idonee dove realizzare interventi e opere o indicazioni per interventi di riduzione della vulnerabilità delle costruzioni;
- **le NTC forniscono indicazioni su come costruire;** la definizione di parametri geotecnici e geofisici e la stima della RSL permettono il calcolo strutturale e il corretto dimensionamento dell'opera affinché resista alle sollecitazioni sismiche attese.

**Per la MS sono disponibili indirizzi regionali e nazionali, scaricabili dai vari siti web istituzionali.**

In Emilia-Romagna la MS è obbligatoria per l'approvazione di strumenti urbanistici dal maggio 2007.

Gli indirizzi RER per la MS sono stati approvati con DAL 112/2007, aggiornati con DGR 2193/2015 (+ varie DGR di attuazione dell'art. 11 L 77/2009) e DGR 630/2019.

Gli attuali indirizzi RER fanno riferimento alla nuova legge urbanistica, la LR 24/2017.

Il riferimento nazionale è costituito dagli ICMS 2008, risultato di una collaborazione tra DPC, Regioni e consulenti esperti.

A seguito delle varie esperienze di MS, gli ICMS 2008 sono stati aggiornati e sono state pubblicate LG su specifiche tematiche. Nel sito web DPC sono oggi disponibili:

- LG per la MS di aree interessate da faglie attive e capaci,
- LG per la MS di aree interessate da frane sismoindotte,
- LG per la MS di aree interessate da liquefazione .

Vengono via via aggiornati anche gli standard di archiviazione e rappresentazione dei dati (oggi è disponibile la versione 4.1, scaricabile dal sito web CentroMS: <https://www.centromicrozonazioneismica.it/it/download>)

## Indirizzi DPC

- Gruppo di lavoro MS (2008): *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Conferenza Regioni e Province Autonome - DPC.  
[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view\\_pub.wp?contentId=PUB1137](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_pub.wp?contentId=PUB1137)
- CT (2015): *Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.0b*. Commissione tecnica DPC.  
[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard\\_studi\\_ms.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp)
- *Linee guida per la gestione del territorio interessato da faglie attive e capaci* (2015)
- *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante cosismiche + Allegati* (2017)
- *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da fenomeni di liquefazione + Allegati* (2017)  
<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/verbali.wp>
- Gruppo di Lavoro “Abachi” (2015): *Applicabilità degli abachi per la microzonazione sismica di livello 2*. Atti 34° Convegno GNGTS, Trieste 17-19/11/2015, sess. 2.2, 109-113.

## Indirizzi regionali

- Regione Emilia-Romagna** DGR 630/2019: *Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)*. Boll. Uff. Regione Emilia-Romagna n. 143 del 6/5/2019 (parte seconda). <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/gli-indirizzi-per-gli-studi-di-microzonazione-sismica-in-emilia-romagna-per-la-pianificazione-territoriale-e-urbanistica>
- Regione Lazio** DGR 490/2011: *Approvazione degli Abachi Regionali per gli studi di Livello 2 di Microzonazione Sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010 e procedure di applicazione nell'ambito del rilascio del parere ai sensi dell'art. 89 del DPR del 6 giugno 2001 n. 380. Modifica alla DGR Lazio n. 545/2010*.
- Regione Lazio DGR 535/2012: *Modifiche alla DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010 e della DGR Lazio n. 490 del 21 ottobre 2011* [http://www.regione.lazio.it/prl\\_ambiente/?vw=documentazioneDettaglio&id=5532](http://www.regione.lazio.it/prl_ambiente/?vw=documentazioneDettaglio&id=5532)
- Regione Liguria** DGR 471/2010: *Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale*. Regione Liguria, Boll. Uff. n. 15, Parte II del 14/04/2010.
- Regione Liguria DGR 714/2011: *Specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali per l'approfondimento degli studi geologico tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della DGR 471/2010*. Regione Liguria, Boll. Uff. n. 27, Parte II del 06.07.2011.
- Regione Liguria (2015): *Abachi Regionali per l'amplificazione stratigrafica*. Rapporto finale del contratto di servizio tra Regione Liguria e Università degli Studi di Genova - DISTAV, a cura di G. Ferretti, D. Spallarossa, S. Barani, R. De Ferrari.
- Regione Lombardia** DGR 2005-8/1566: *Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*. Regione Lombardia, Boll. Uff. 3° Supplemento Straordinario - 19 gennaio 2006.
- Regione Lombardia DGR 2011-IX/2616: *Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374*. Regione Lombardia, Boll. Uff. Serie Ordinaria - 15 dicembre 2011
- Regione Toscana** DGR 261/2011: *Approvazione Linee Guida Microzonazione Sismica Regionali*.
- Regione Toscana DGR 144/2015: *Approvazione nuove specifiche tecniche per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica e abachi litostratigrafici regionali per la redazione di studi di MS di livello 2*.
- Regione Umbria** DGR 377/2010: *Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica*. Boll. Uff. Regione Umbria, Serie Gen. n. 15 del 31/3/2010, Supp. Ord. n. 1. <http://www.regione.umbria.it/paesaggio-urbanistica/indirizzi-e-criteri-di-microzonazione-sismica>

## ELABORATI DI MS

### Livello 1

- 1) **Carta delle indagini**
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni
- 4) **Carta delle aree suscettibili di effetti locali** (o carta delle MOPS)

### Livello 2

- 5) Carta delle  $V_s$
- 6) **Carta dei fattori di amplificazione (MS2):**  $F_{PGA}$ , **FH o FA per diversi intervalli di periodi T: 0,1-0,5s, 0,5-1,0s, 0,5-1,5s** (da abachi), ...

### Livello 3

- 5) Carta delle  $V_s$
- 6) **Carta dei fattori di amplificazione (MS3):** gli stessi di MS2 ma calcolati con analisi RSL e **con eventuali stime degli indici di instabilità**
- 7) **Spettri RSL**
- 8) **Risultati analisi delle instabilità** (FS, IL, cedimenti/spostamenti ...)

**La LR 19/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico” e le DGR attuative 121/2010 e 1373/2011 richiedono che la progettazione consideri le indicazioni/prescrizioni degli strumenti urbanistici, i.e. il progettista deve considerare la MS per la progettazione (quando disponibile).**

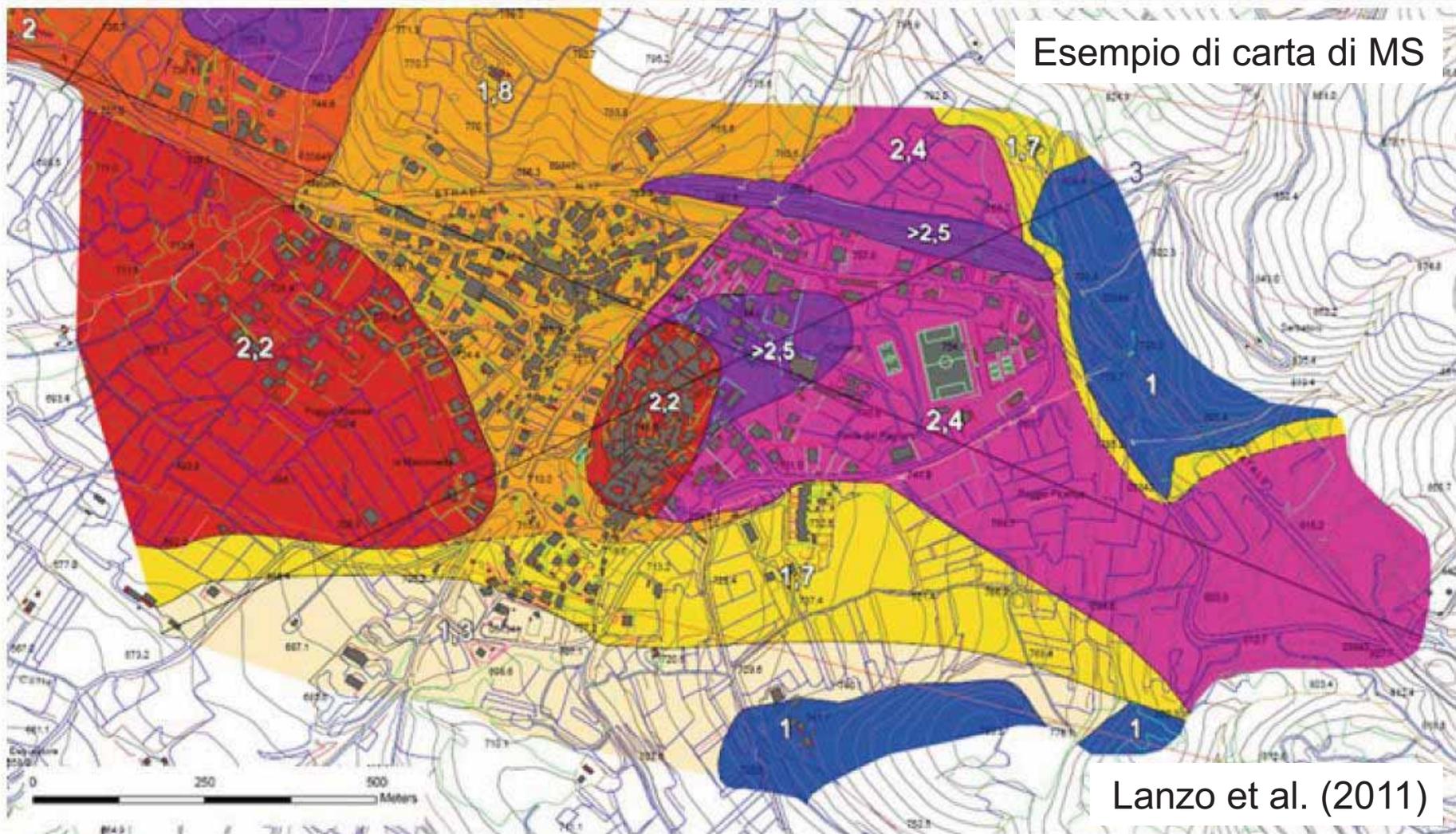
**Al di là degli adempimenti normativi, conviene considerare la MS (se disponibile) in quanto il modello geologico è meglio definito di quello solitamente messo a punto per la progettazione, per la quale spesso non si dispone della mole di dati utilizzati per la MS.**

**Ciò è particolarmente vero per la profondità del bedrock sismico.**

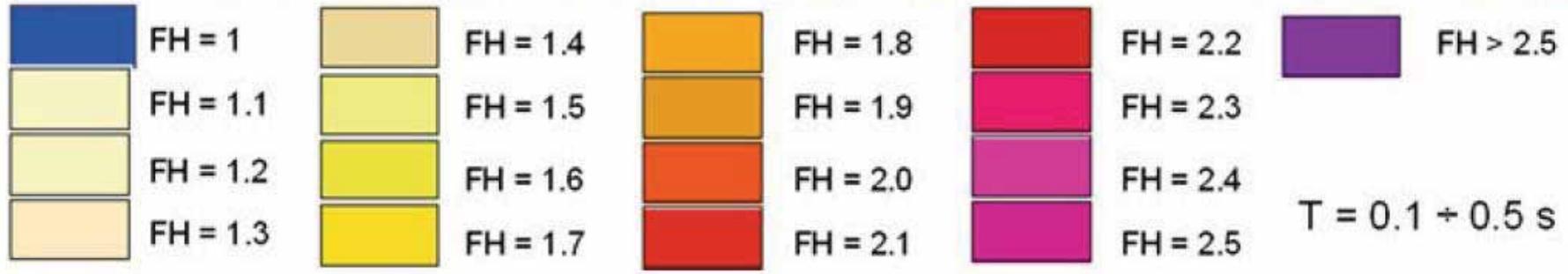
**Inoltre, la MS, avendo già esplorato le condizioni geologiche e definito gli effetti di sito attesi, permette una programmazione mirata delle indagini per la progettazione.**

**Tra gli elaborati di MS, anche di livello 2, sono presenti anche cartografie della frequenza naturale del terreno, assai utili per prevenire/evitare il problema della doppia risonanza.**

# Esempio di carta di MS



Lanzo et al. (2011)



## Attenzione:

**i parametri indicativi dell'amplificazione negli studi di MS**, i cosiddetti fattori di amplificazione ( $F_{PGA}$ ,  $F_{H_{T1T2}}$ ,  $F_{A_{T1T2}}$ , ...,  $F_T$ ), **e quelli adottati dalle NTC** ( $S_S$  e  $S_T$ ) **solitamente sono grandezze diverse, quasi mai direttamente confrontabili** (ad eccezione di  $F_{PGA}$  e  $S_S$ ).

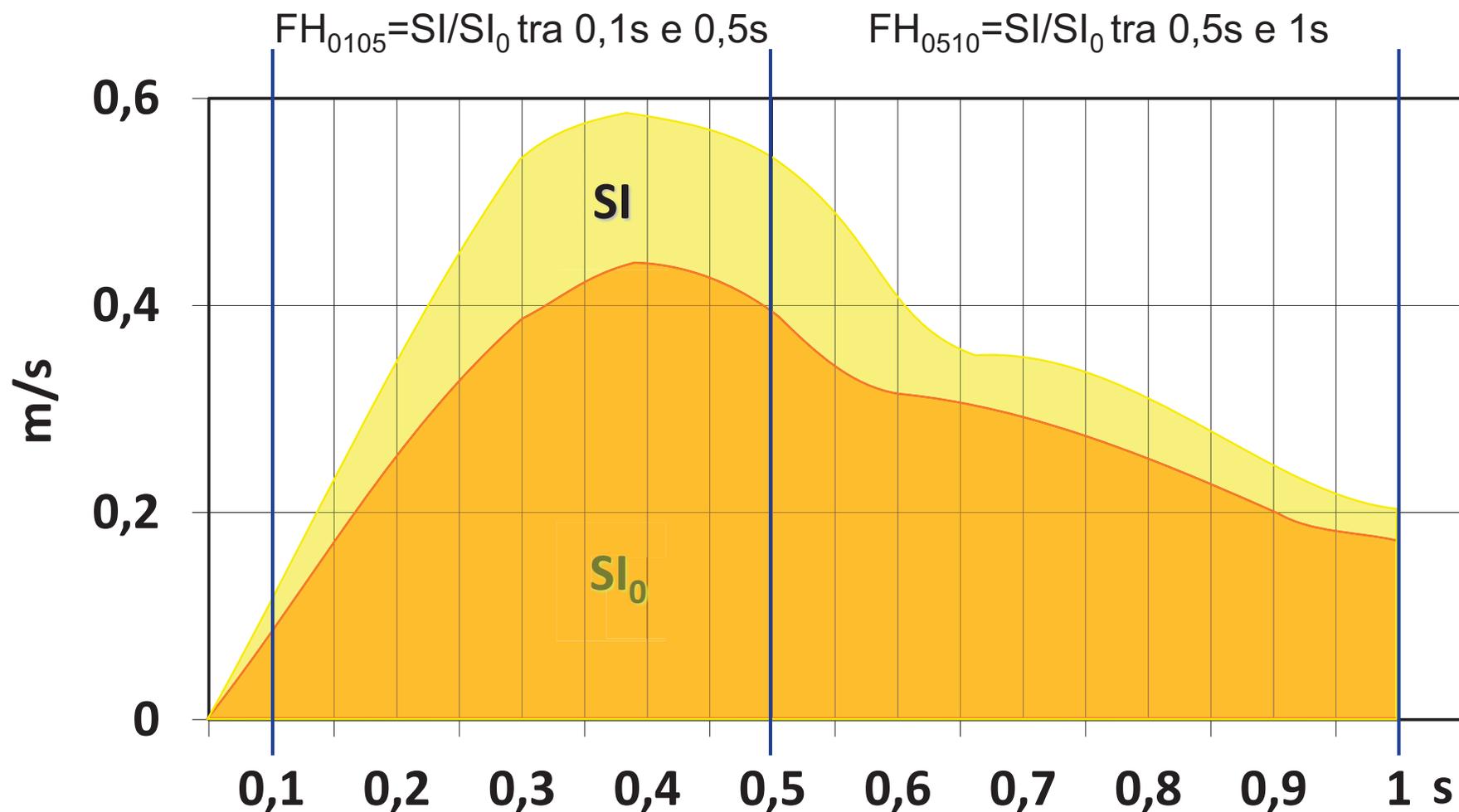
**Solo  $F_{PGA}$  e  $S_S$  al periodo  $T=0$  sono confrontabili**, essendo entrambi dati dal rapporto  $PGA_{SITO}/PGA_0$ .

In Emilia-Romagna sono confrontabili anche i coefficienti di amplificazione topografica  $F_T$  e  $S_T$ .

$F_{H_{T1T2}}$  e  $F_{A_{T1T2}}$  sono rapporti tra lo scuotimento al sito e lo scuotimento al suolo di riferimento, rispettivamente in velocità e accelerazione.

$FH_{T1T2}$

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV_{(\xi=5\%)} dT \quad FH_{T1-T2} = SI/SI_0 = \frac{\int_{T_1}^{T_2} PSV_{output}(T, \xi) dT}{\int_{T_1}^{T_2} PSV_{input}(T, \xi) dT}$$



$SI$ : intensità di Housner al sito (output)

$SI_0$ : intensità di Housner al sito di riferimento (input)

**Pur essendo i vari FA o FH della MS non direttamente confrontabili con il coefficiente S delle NTC (solo  $F_{PGA}$  è direttamente confrontabile con S), la MS fornisce comunque preziose indicazioni sull'entità dell'amplificazione per periodi fino a  $T=1$  s (fino a  $T=1,5$  s in pianura).**

Inoltre, è importante tenere presente che **l'approccio semplificato NTC, in certe condizioni geologiche (anche frequenti), può portare a risultati non corretti. In generale è raccomandata l'analisi RSL. Per una corretta analisi RSL, il modello geologico riveste un'importanza fondamentale; perciò la MS è utile per la progettazione.**

## Cautela nell'uso dell'approccio semplificato

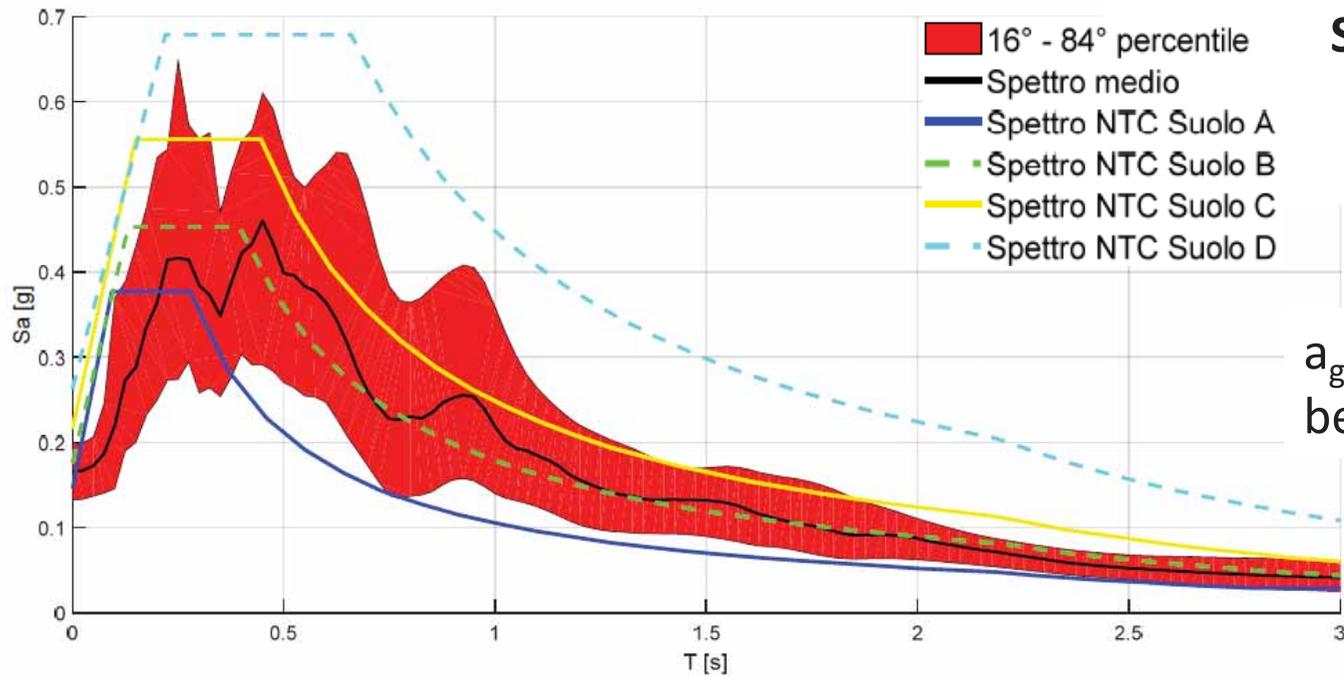
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per le classi B, C e D non è definita la profondità bedrock.

Questione: a parità di classe di sottosuolo e  $a_g$ , la RSL è uguale se il bedrock è a profondità, ad esempio, di 40 m, 100 m o > 300 m?

Sì, secondo l'approccio semplificato

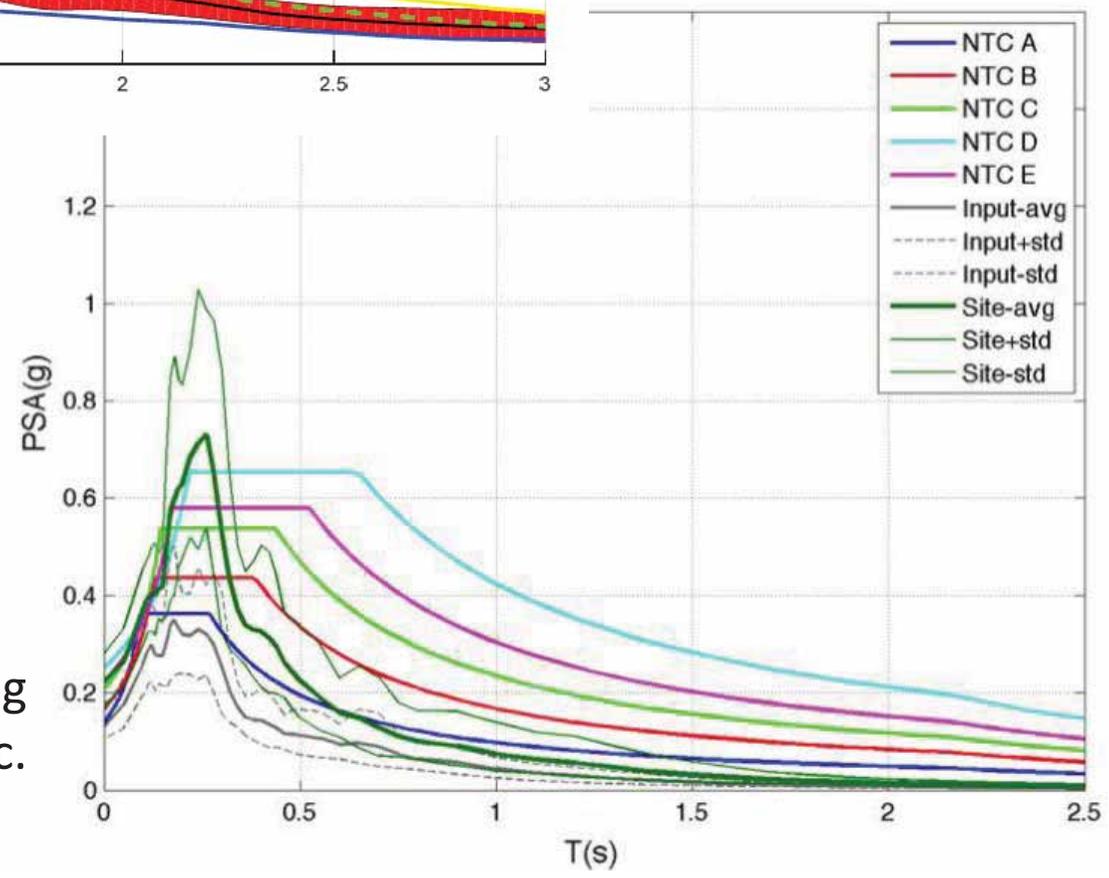


**Spettri da RSL per terreni classe C,  $T_R = 475$  anni**

$a_g = 0,146g$   
bedrock a – 350 m da p.c.

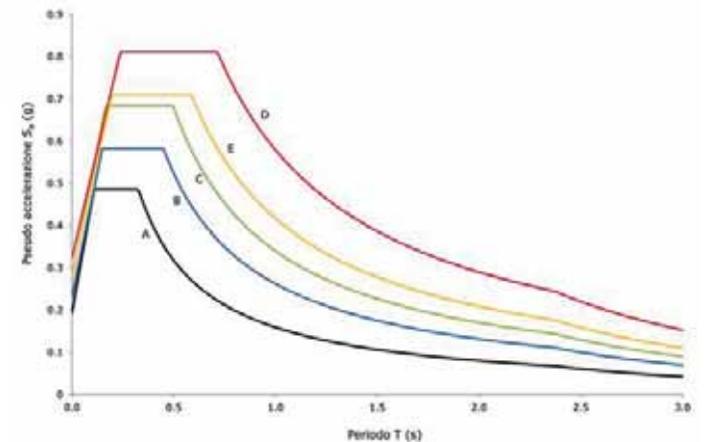
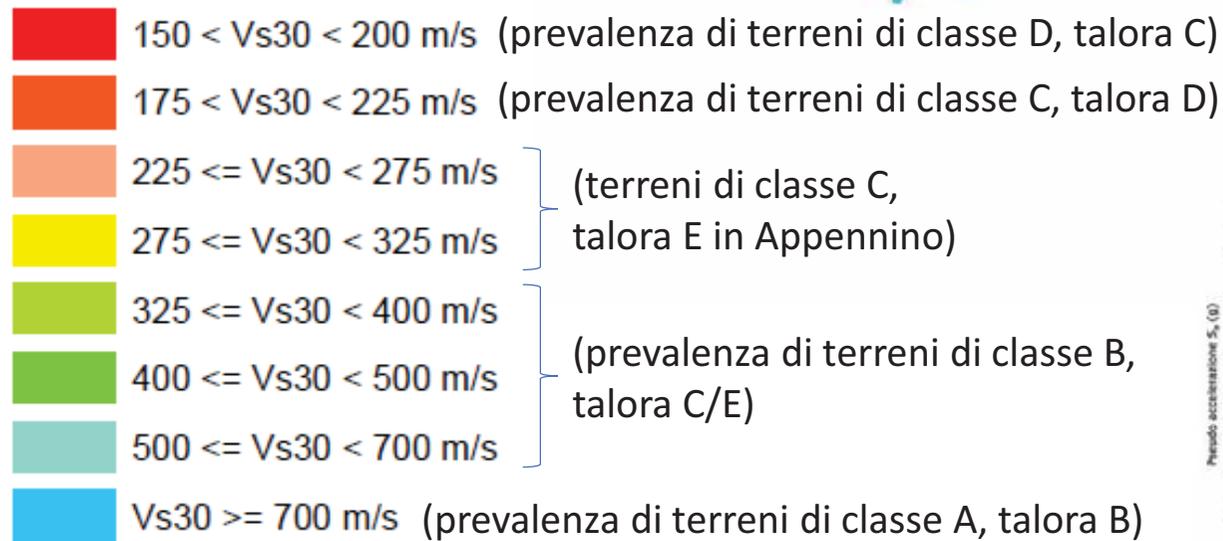
**RSL significativamente diverse per diverse profondità del bedrock, a parità delle altre condizioni:  $a_g$  simile, stessa classe sottosuolo (C)**

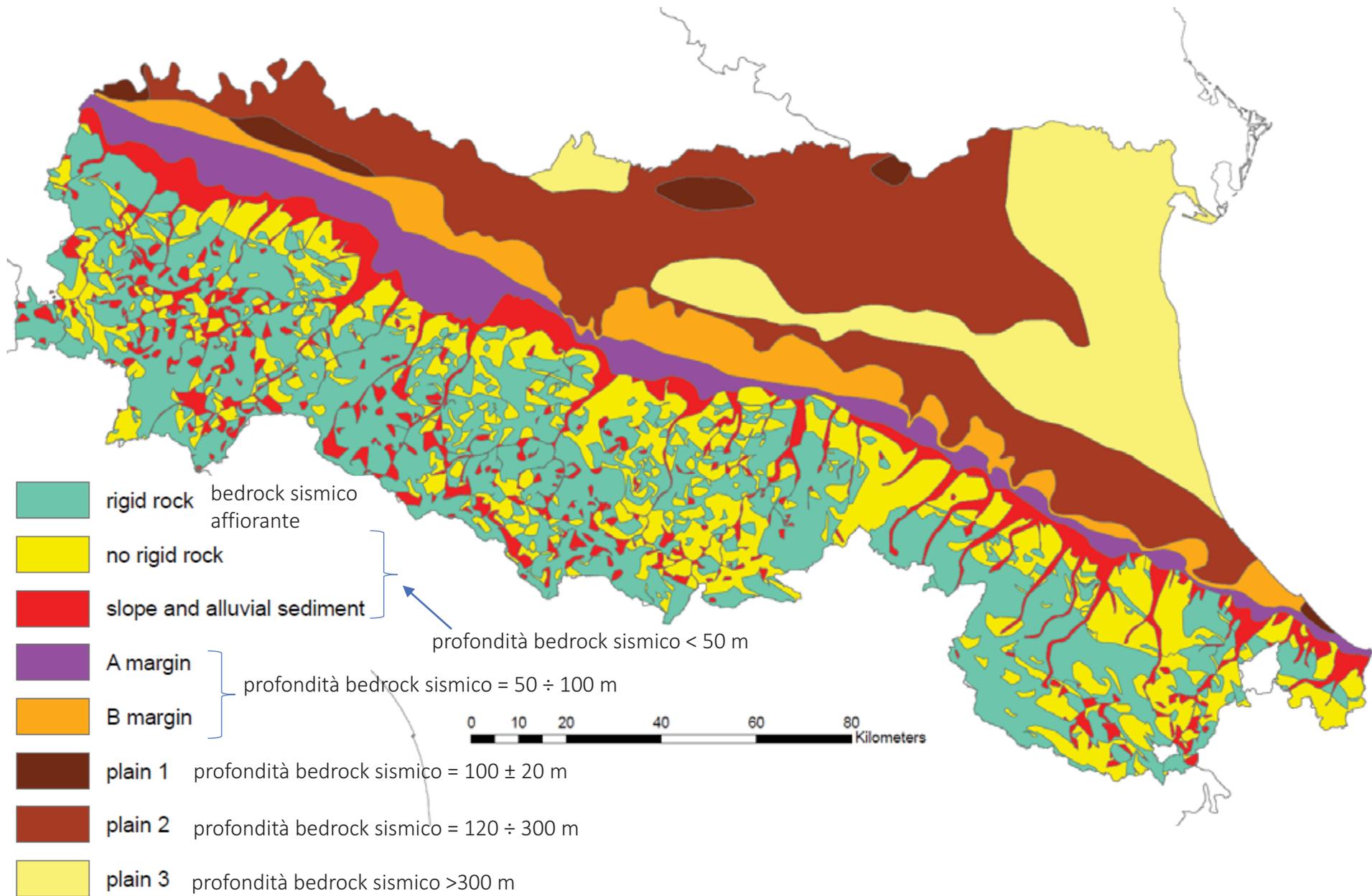
$a_g = 0,145g$   
bedrock a – 117 m da p.c.



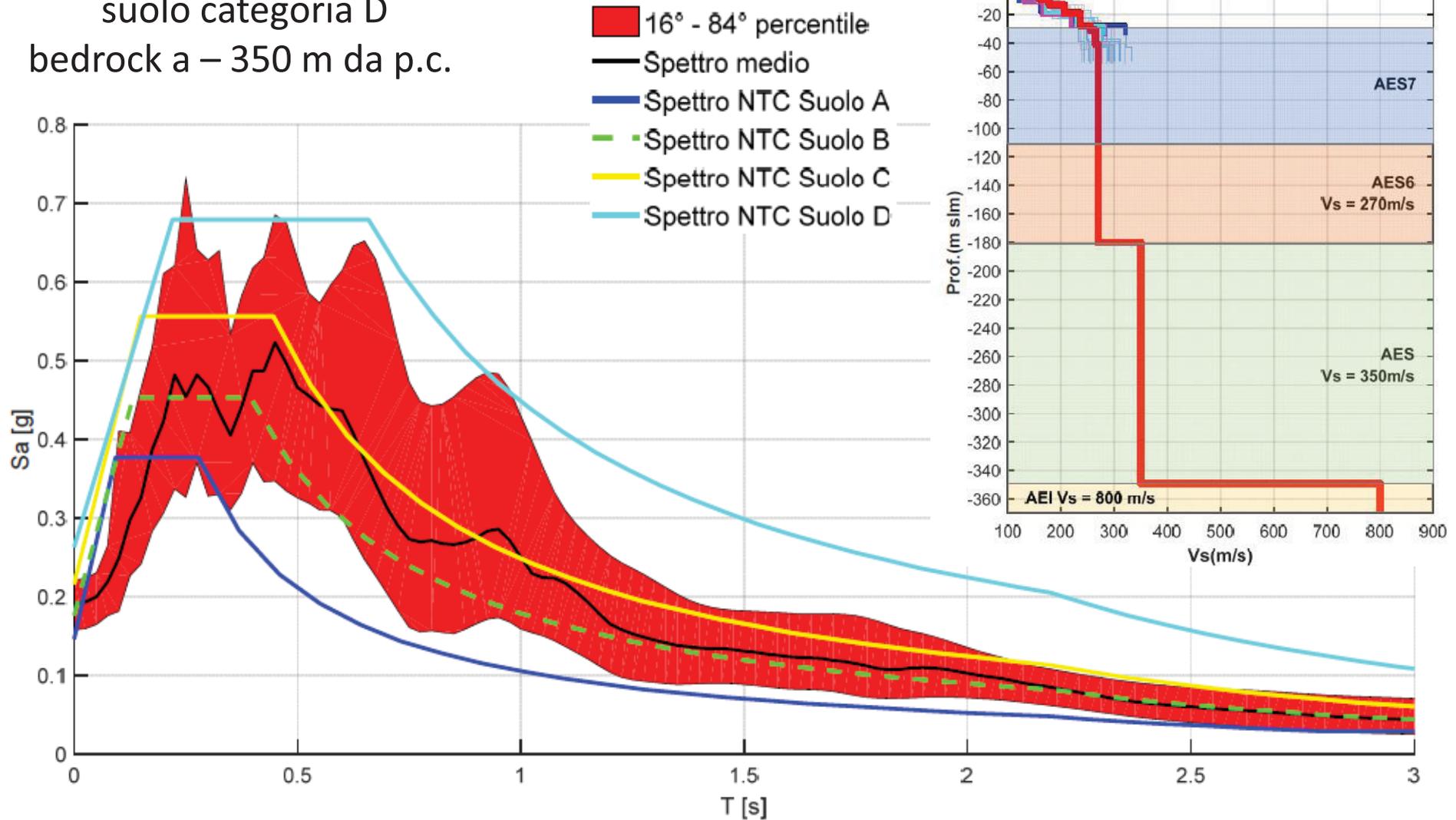
massima amplificazione, secondo le NTC

## VS30





suolo categoria D  
bedrock a – 350 m da p.c.



Confronto tra gli spettri di risposta elastici in accelerazione (componente orizzontale) secondo l'approccio semplificato NTC08 e lo spettro medio ottenuto da di analisi RSL per un'area della pianura romagnola, suolo categoria D e bedrock profondo (350 m), per  $T_R = 475$  anni.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

NTC2008

## Cautela nell'uso dell'approccio semplificato

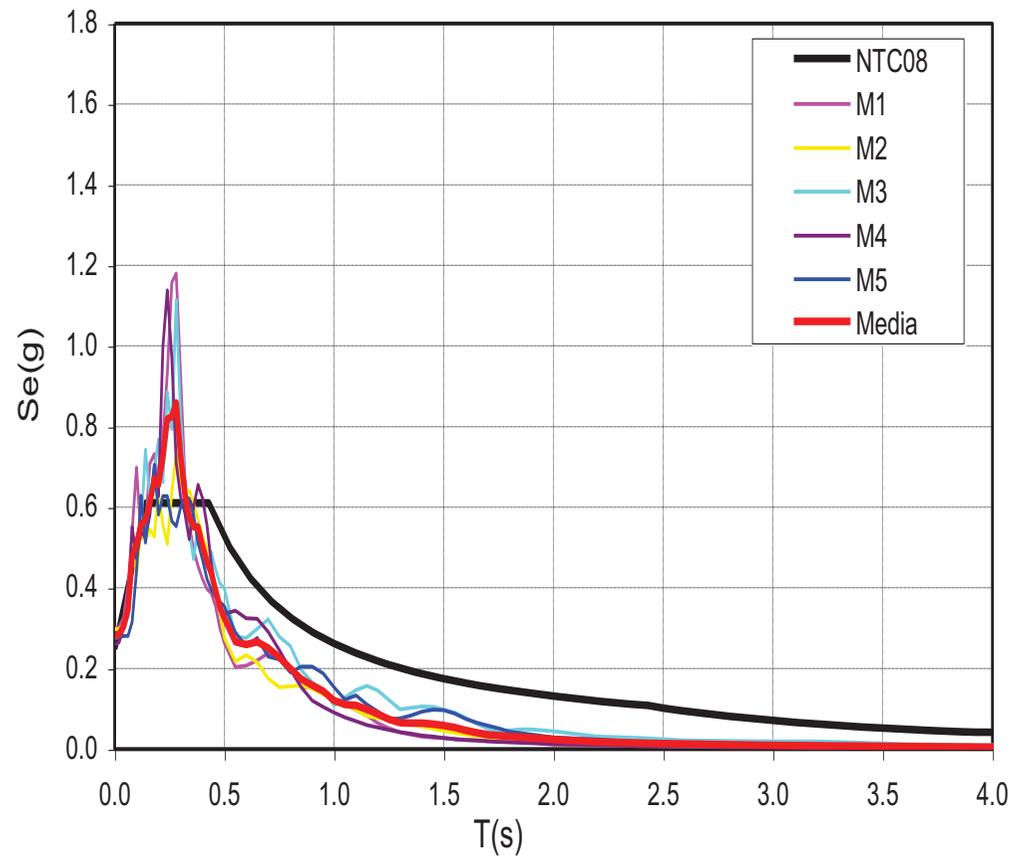
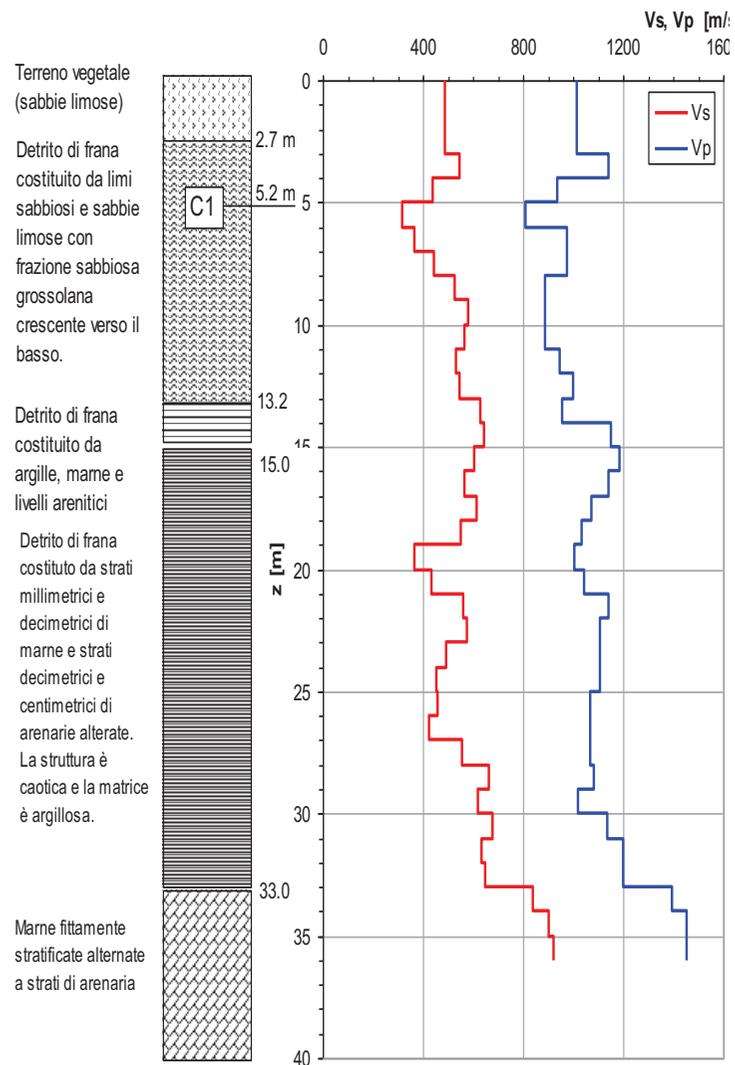
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un <u>graduale miglioramento</u> delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un <u>graduale miglioramento</u> delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un <u>graduale miglioramento</u> delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

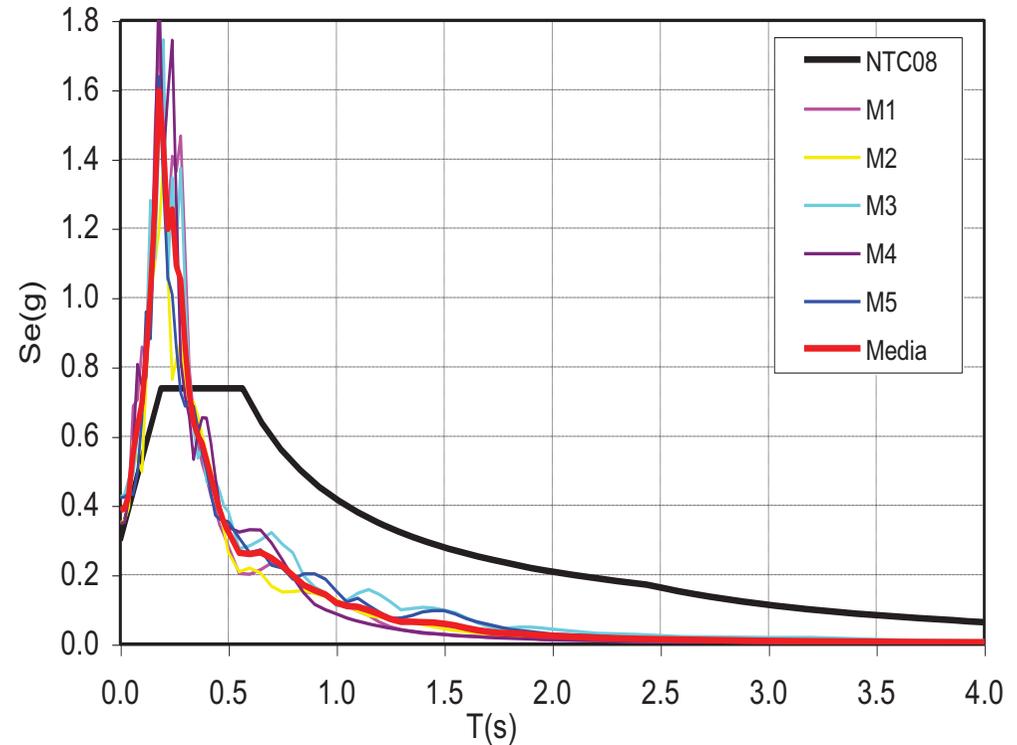
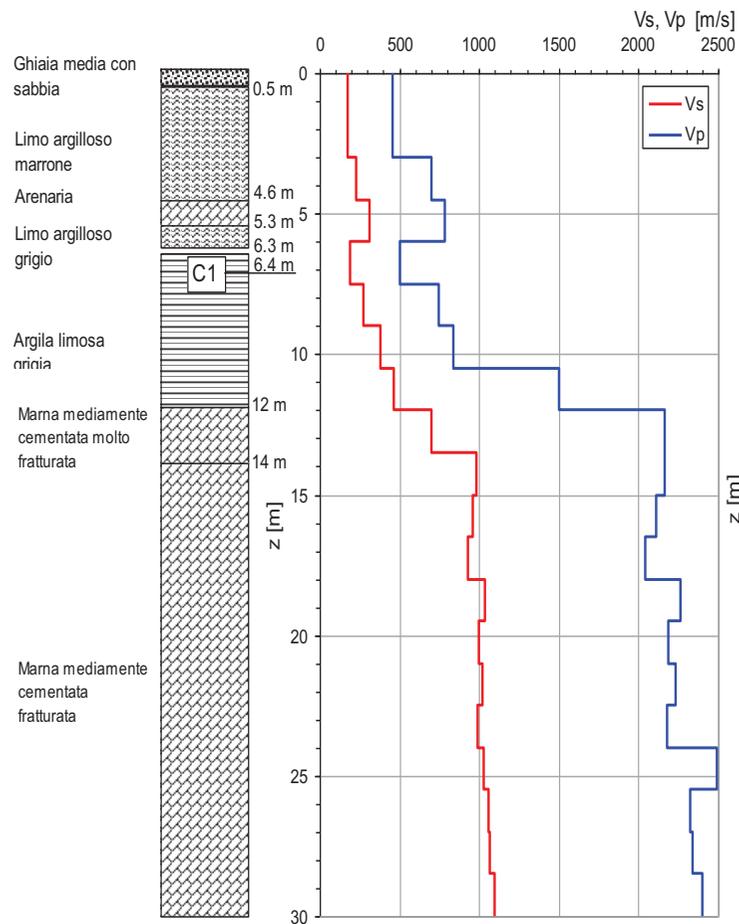
NTC2018

**Con le NTC2018 tutti i terreni possono essere ricondotti alle classi A-E dell'approccio semplificato**

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.



Confronto tra RSL e approccio semplificato  
 caso suolo B



Confronto tra RSL e approccio semplificato  
caso suolo E

### Attenzione:

in Appennino i risultati della RSL sono talora diversi da quelli da approccio semplificato; generalmente si osserva che l'approccio semplificato sottostima l'azione sismica ai bassi periodi ( $T < 0,5s$ ) mentre la sovrastima per periodi più elevati ( $T > 0,5s$ )

**Nelle NTC2018, con l'eliminazione dell'aggettivo “graduale” viene completamente ignorato il criterio del contrasto di impedenza e si ammette che il miglioramento possa anche non essere graduale.**

Nelle NTC2008 la RSL di terreni di copertura con contrasti di impedenza nei primi 30 m, che non rientravano nelle classi B, C e D, poteva essere più correttamente valutata con specifiche analisi RSL (o al limite ricondotta allo spettro della classe E).

**La versione NTC2018 comporta importanti conseguenze.** Le attuali classi B, C e D, nonostante ognuna sia associata ad un unico spettro elastico di riferimento, possono comprendere tipologie e modelli sismostratigrafici, anche significativamente differenti tra loro, ed in grado di produrre in superficie risposte sismiche ben diverse.

In sintesi, il parametro  $V_{s,eq}$  da solo non è sufficiente a discernere tutte le casistiche di tipologia di sottosuolo.

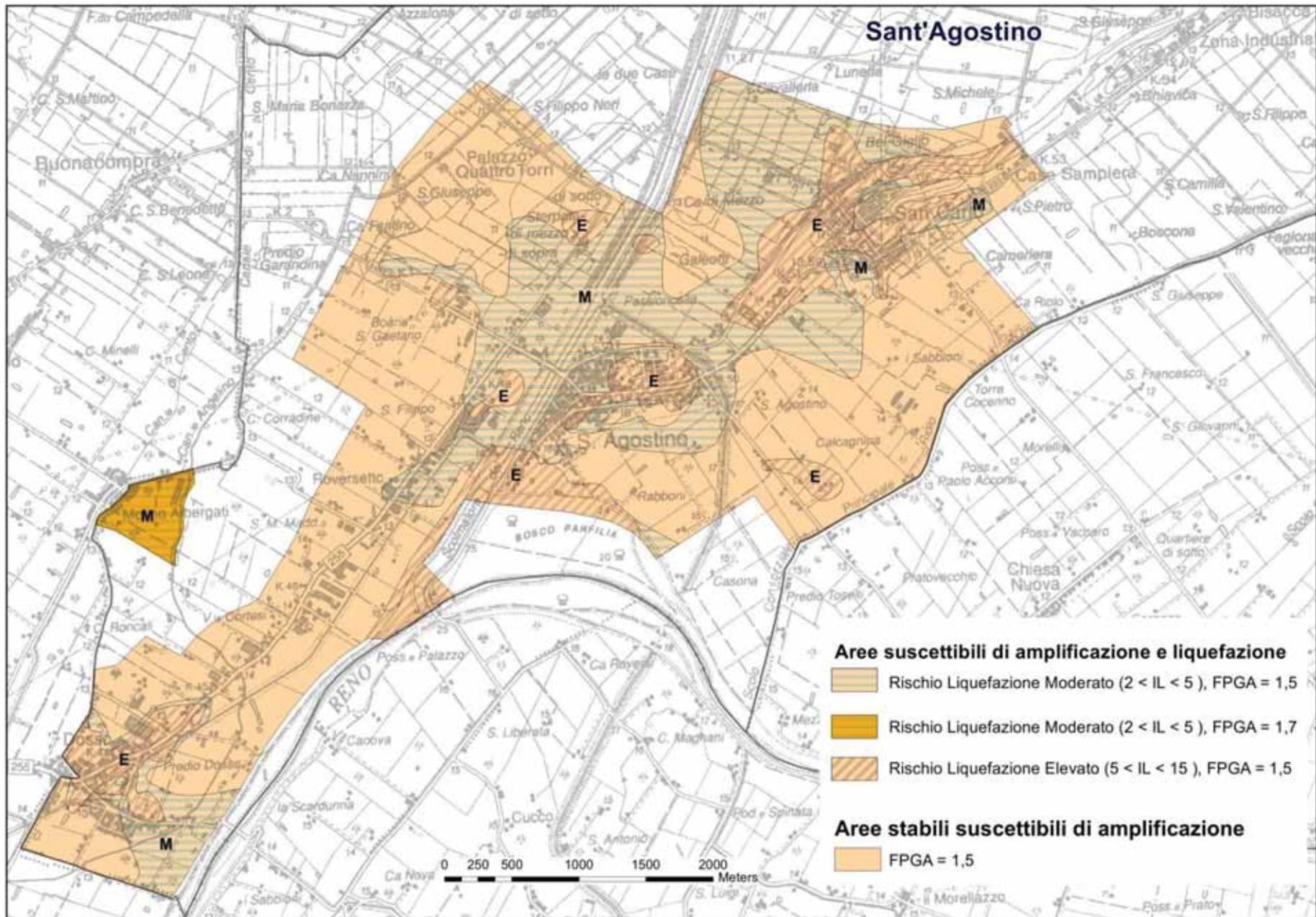
**Poiché oggi tutti i terreni possono essere ricondotti alle classi A-E, è sempre possibile stimare l'azione sismica con l'approccio semplificato. Ciò può portare ad un peggioramento della qualità della stima dell'azione sismica per la progettazione.**

La MS individua e quantifica, a scala territoriale, anche i potenziali fenomeni di instabilità.

Anche in questo caso la MS è un valido riferimento per la progettazione.

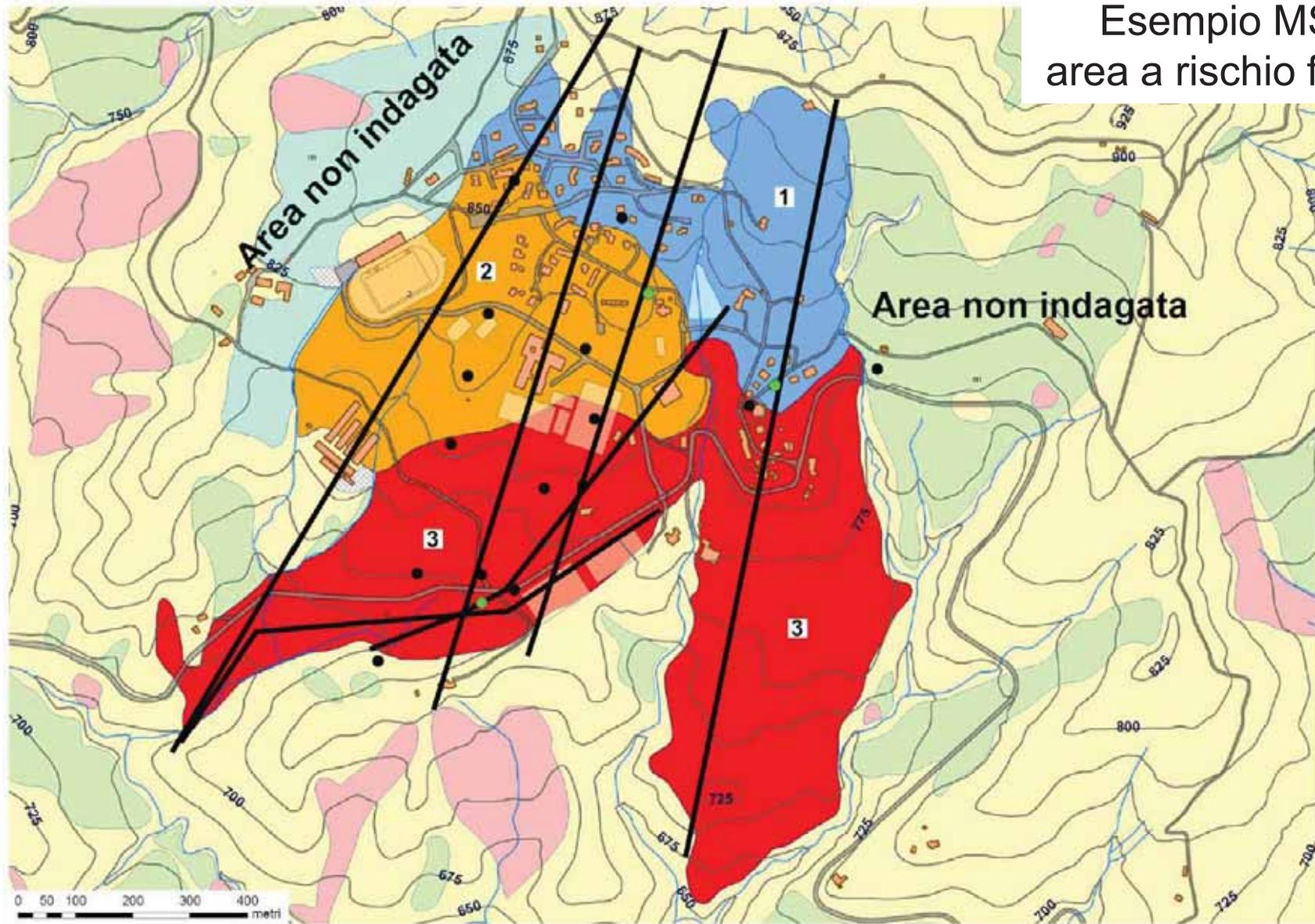
Poiché la MS è un'analisi a scala territoriale, è possibile che nuove indagini e analisi in sito per la progettazione possano condurre a conclusioni differenti. L'eventuale esclusione di fenomeni di instabilità deve comunque essere documentata da indagini ad hoc e/o motivata dal progettista attraverso specifiche analisi.

In ogni caso la MS è sempre un validissimo riferimento per la programmazione delle indagini (tipologia, profondità, quantità, ...) e l'ottimizzazione delle risorse (in termini di costi e tempi).



Colombi e Martelli (2017)

Esempio MS3 in area a rischio frana



Punti stima FA

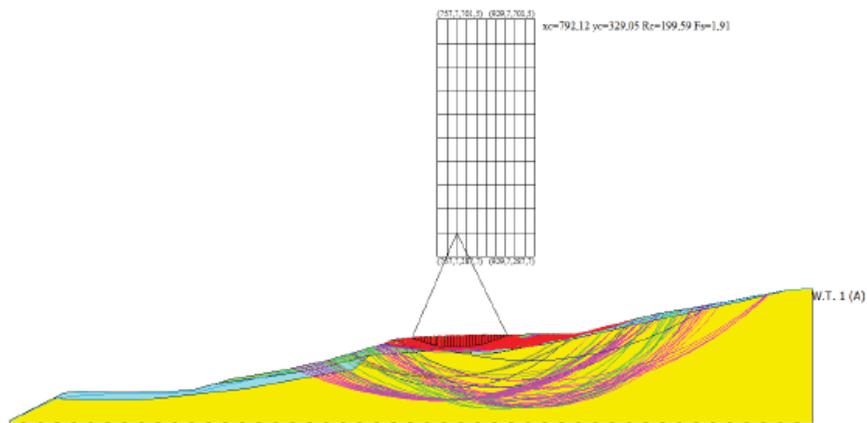
- da prove Re.Mi.
- da prove DH



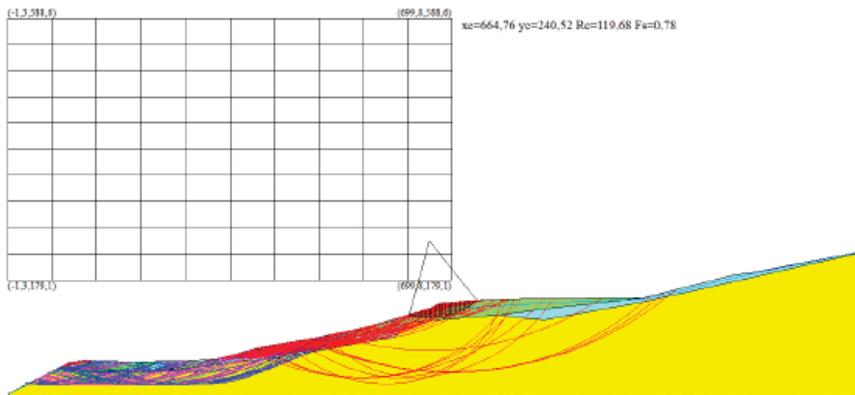
Madiai et al. (2012)

Le procedure per la stima degli indici di criticità particolari (indice potenziale di liquefazione, stabilità di pendii, cedimenti, spostamenti, ...) sono le stesse per la MS e per la progettazione; la differenza sostanziale consiste nella restituzione dei risultati.

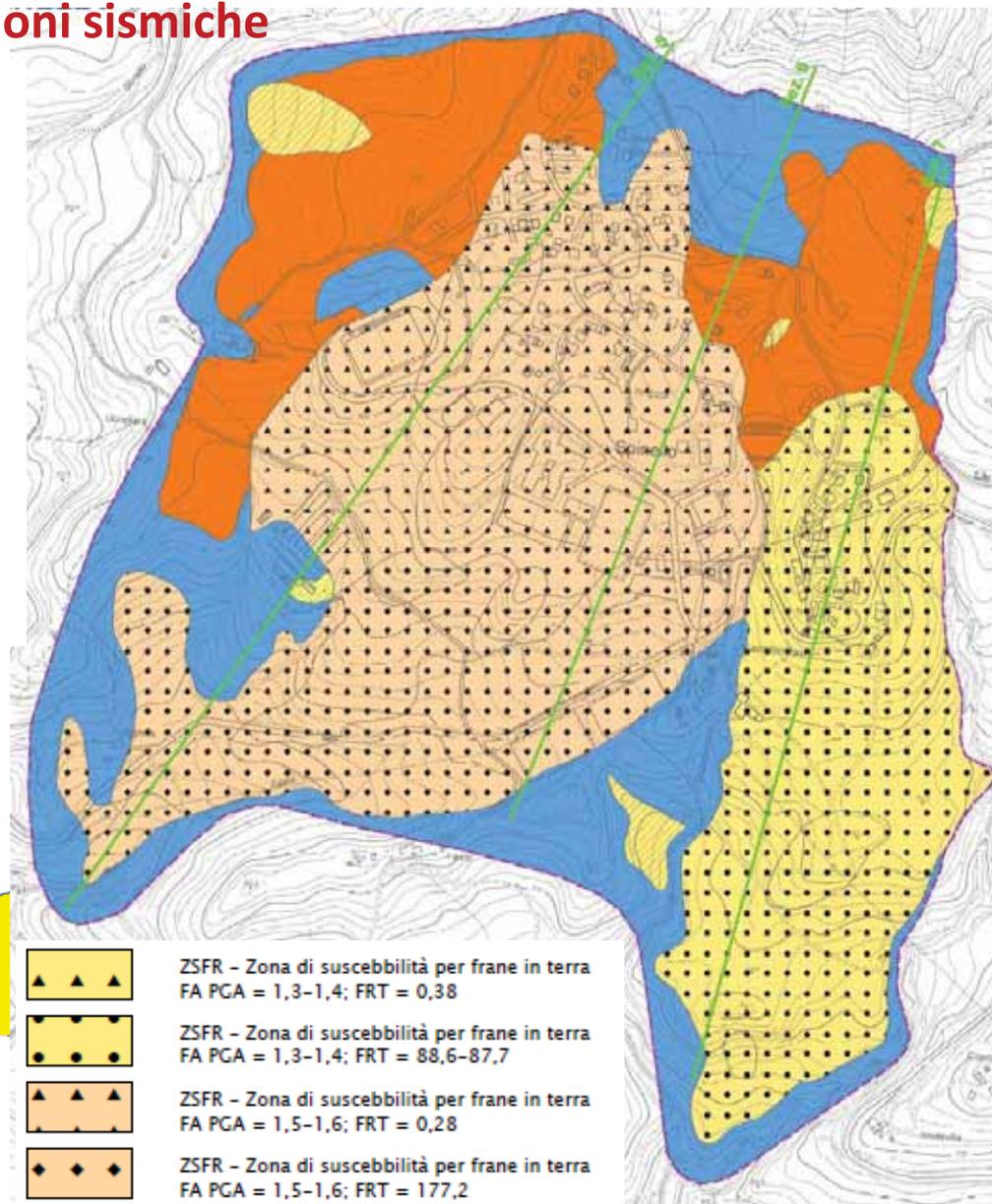
### esempio di verifica di stabilità in condizioni sismiche



- a2/a3 sup.  
g=1800Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2000Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=19°  
c=0.14 kg/cm<sup>2</sup>  
cu=0.5 kg/cm<sup>2</sup>
- a2/a3 inf.  
g=1900Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2100Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=31.5°  
c=0.08 kg/cm<sup>2</sup>  
cu=1.5 kg/cm<sup>2</sup>
- FMA  
g=2600Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2800Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=30°  
c=0.7 kg/cm<sup>2</sup>  
cu=100 kg/cm<sup>2</sup>



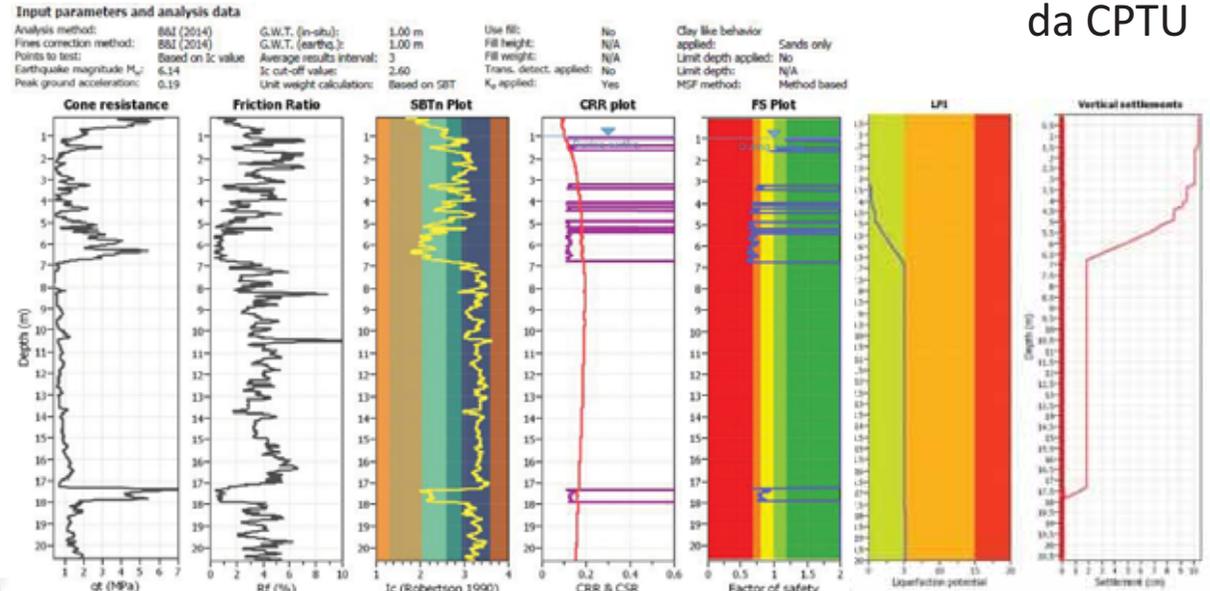
- a2/a3 sup.  
g=1800Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2000Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=19°  
c=0.14 kg/cm<sup>2</sup>  
cu=0.5 kg/cm<sup>2</sup>
- a2/a3 inf.  
g=1900Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2100Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=31.5°  
c=0.08 kg/cm<sup>2</sup>  
cu=1.5 kg/cm<sup>2</sup>
- FMA  
g=2600Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2800Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=30°  
c=0.7 kg/cm<sup>2</sup>  
cu=100 kg/cm<sup>2</sup>



# Esempio di analisi del rischio liquefazione (stima IPL)

Nella MS tramite interpolazione/estrapolazione (ragionata) dei risultati (verticali di verifica) si realizza una cartografia a scala territoriale.

da CPTU



## Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

**FAFCA = 1,2 - 1,4**

## Zone suscettibili di instabilità

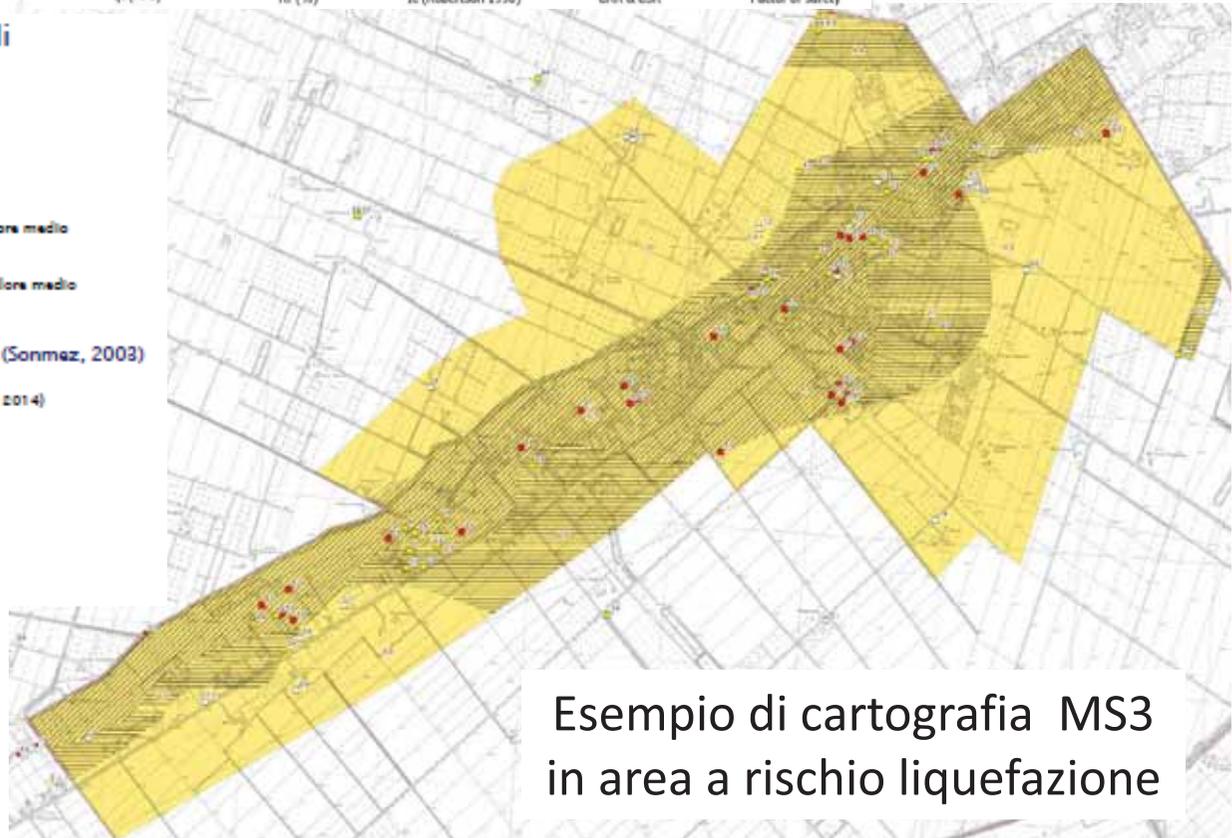
**2;2** ZS<sub>2</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2<I<sub>L</sub>≤5 con indicazione del valore medio

**5;3** ZS<sub>3</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5<I<sub>L</sub>≤15 con indicazione del valore medio

## Valore puntuale dell'Indice di Liquefazione IL (Sonmez, 2003)

Per ogni verticale di indagine CPTU è riportato il valore puntuale di IL20 (Roulanger - Idriess, 2014)

- 1,2 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (0<I<sub>L</sub>≤2)
- 4,4 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2<I<sub>L</sub>≤5)
- 10,2 Rischio di liquefazione potenzialmente alto (5<I<sub>L</sub>≤15)



Esempio di cartografia MS3 in area a rischio liquefazione

**Nelle verifiche di pericolosità uno degli aspetti più dibattuti è la scelta della magnitudo.**

**Su questo aspetto generalmente gli indirizzi per la MS forniscono indicazioni specifiche mentre le NTC non forniscono alcuna indicazione.**

**Considerato che le procedure di stima degli indici di pericolosità sono sostanzialmente le stesse per la MS e la progettazione, le indicazioni per la scelta della magnitudo per la MS possono essere applicate anche per la progettazione.**

## Scelta della magnitudo (v. anche LG “liquefazione”, CT-DPC, 2017)

È possibile fare riferimento a diversi metodi:

- Mmax da cataloghi storici (es. DBMI15, INGV);
- Mmax da zonazioni sismogenetiche disponibili (ZS9, ZSRER, DISS, ...); per i siti esterni alle zone sismogenetiche si può valutare il contributo della varie zone sismogenetiche circostanti in base alla distanza del sito dalle zone stesse
- criteri di cut-off magnitudo-distanza (M-R);
- analisi di disaggregazione M-R (Spallarossa e Barani, 2007); la disaggregazione permette di definire il contributo alla pericolosità sismica delle varie sorgenti sismogenetiche capaci di generare terremoti di magnitudo M a distanza R dal sito d’interesse;
- metodo basato sulla definizione dell’intensità macrosismica di riferimento attraverso un’analisi probabilistica della pericolosità sismica (Albarello, 2017).

Ognuno dei metodi sopra indicati presenta criticità.

In particolare, occorre tenere presente che **la stima di M tramite disaggregazione può comportare una sottostima, soprattutto se tra i risultati delle analisi di disaggregazione si utilizzano i valori medi; non esiste alcuna formale giustificazione tecnico-scientifica per questa scelta.**

Il metodo proposto da Albarello (2017) considera  $I_{rif} \geq VII$  e si basa sul DBMI11; tale metodo non risulta quindi applicabile nei Comuni che hanno subito effetti  $I < VII$  o  $I \geq VII$  solo in occasione di terremoti successivi al 2011 (es. Mirandola, sisma 2012).

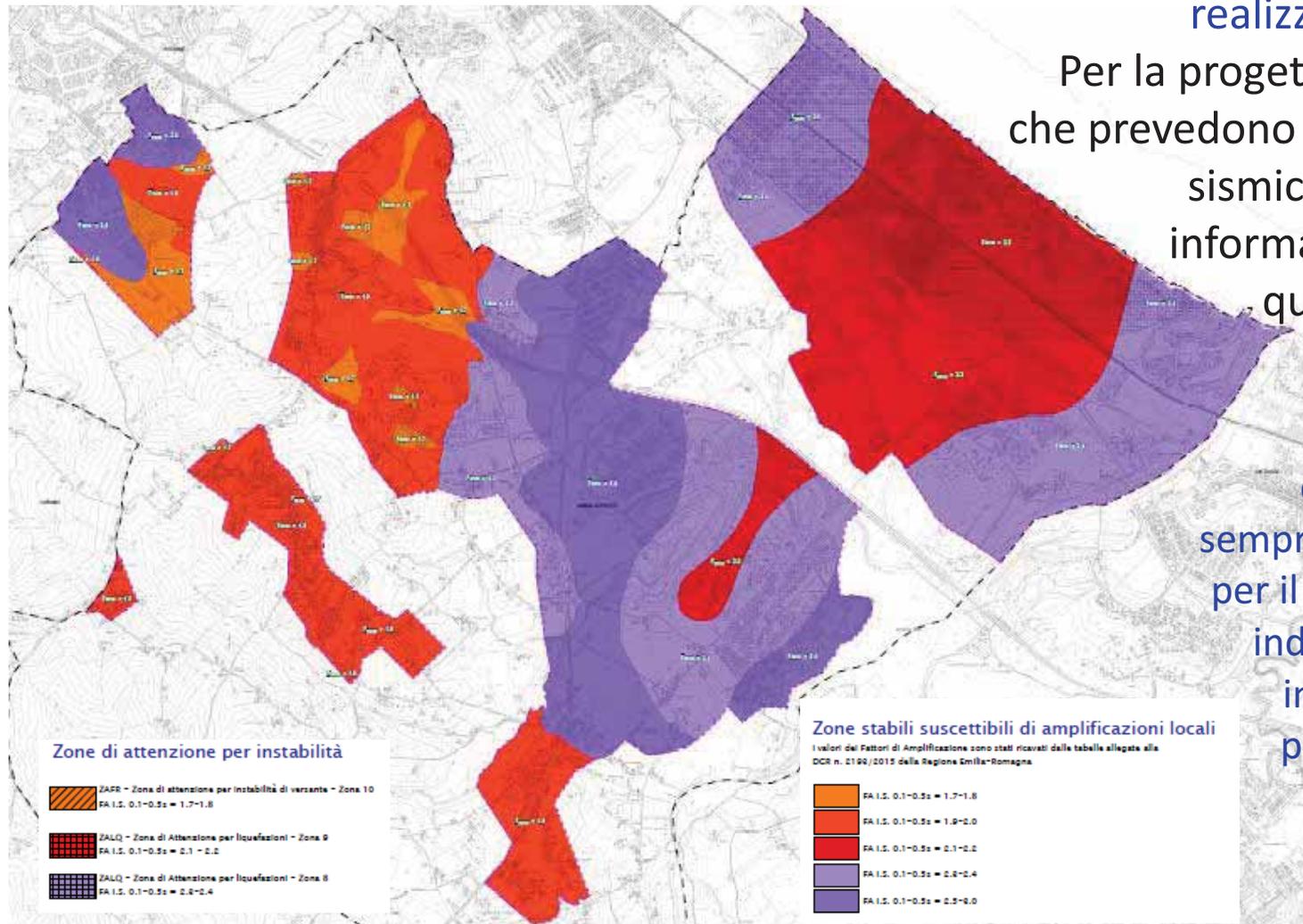
**Nelle verifiche del rischio di liquefazione per la MS e per la ricostruzione post sisma 2012 in Emilia-Romagna il consiglio è utilizzare la  $M_{\max}$  da zonazioni sismogenetiche disponibili (ZS9, ZSRER, DISS, ...); per i siti esterni alle zone sismogenetiche si può valutare il contributo della varie zone sismogenetiche circostanti in base alla distanza del sito dalle zone stesse (v. anche LG “liquefazione”, CT-DPC, 2017)**

## Sintesi: indicazioni da MS per la progettazione - 1

Nella *Carta di microzonazione sismica* sono rappresentati i fattori di amplificazione del moto sismico attesi per i periodi compresi tra 0,1 s e 1,5 s; ne consegue che per interventi che prevedano opere con periodo  $T > 1,5$  s sono da sviluppare specifici approfondimenti.

Inoltre, gli studi di MS sono di solito realizzati per  $T_R = 475$  anni. Per la progettazione di interventi che prevedono il calcolo dell'azione sismica per  $T_R \neq 475$  anni le informazioni utili sono solo quelle di primo livello.

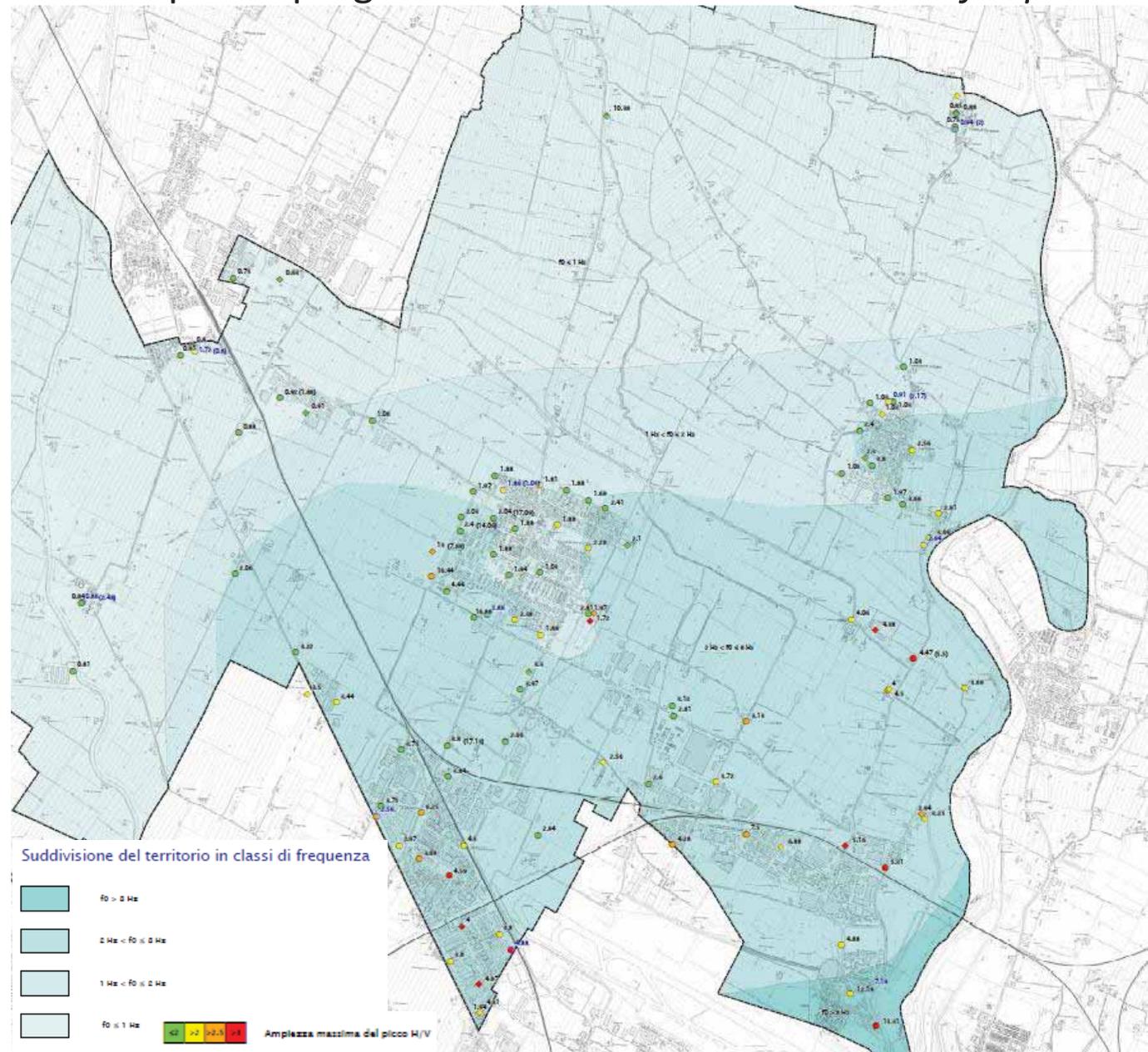
Il primo livello di approfondimento costituisce comunque sempre un utile riferimento per il modello geologico, le indagini disponibili e per individuare le aree con particolari criticità, che necessitano di approfondimenti.



## Sintesi: indicazioni da MS per la progettazione - 2

Costituisce un utile riferimento per la progettazione anche la “Carta delle frequenze naturali dei terreni”

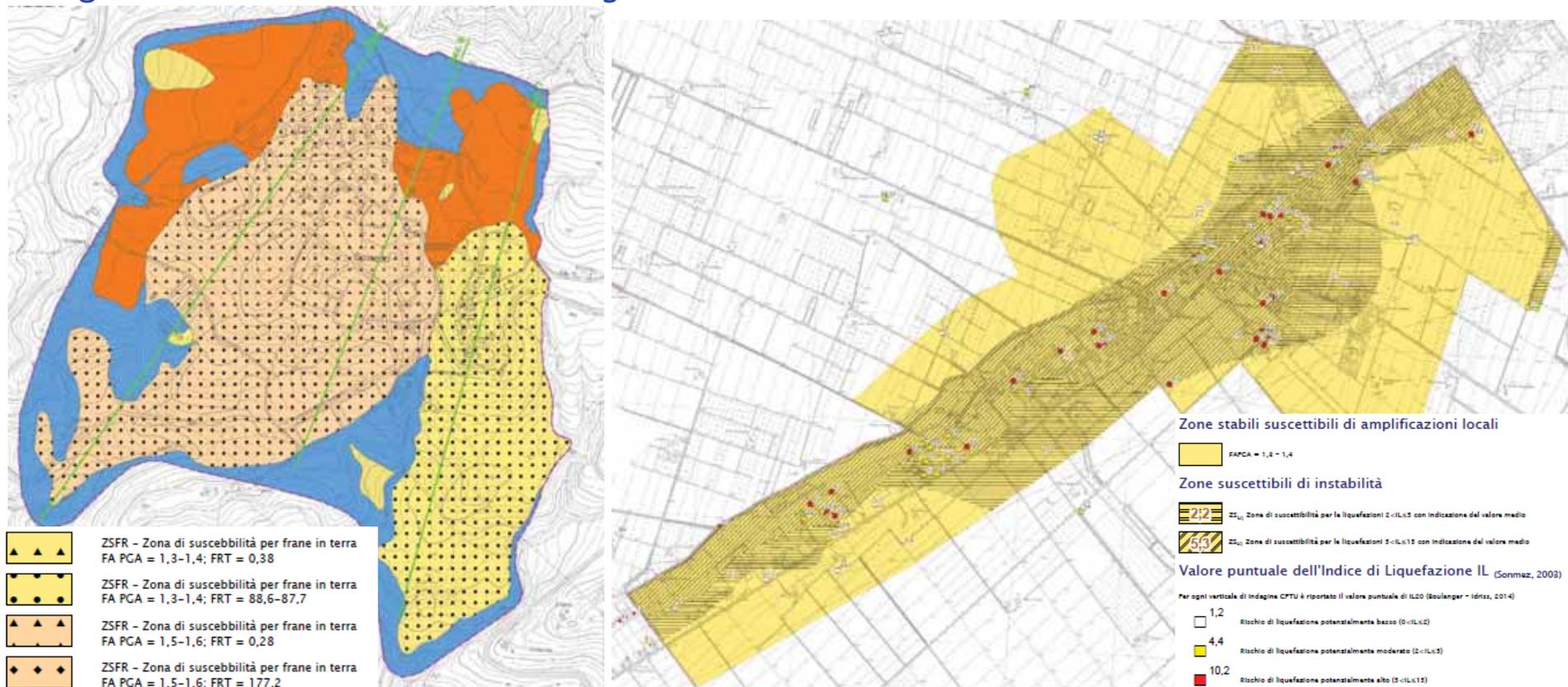
In relazione al periodo fondamentale di vibrazione delle strutture, al fine di evitare il fenomeno della doppia risonanza e contenere gli effetti del sisma, è importante che gli interventi edilizi siano progettati avendo cura di evitare interferenze tra periodo di vibrazione del terreno e periodo di vibrazione delle strutture



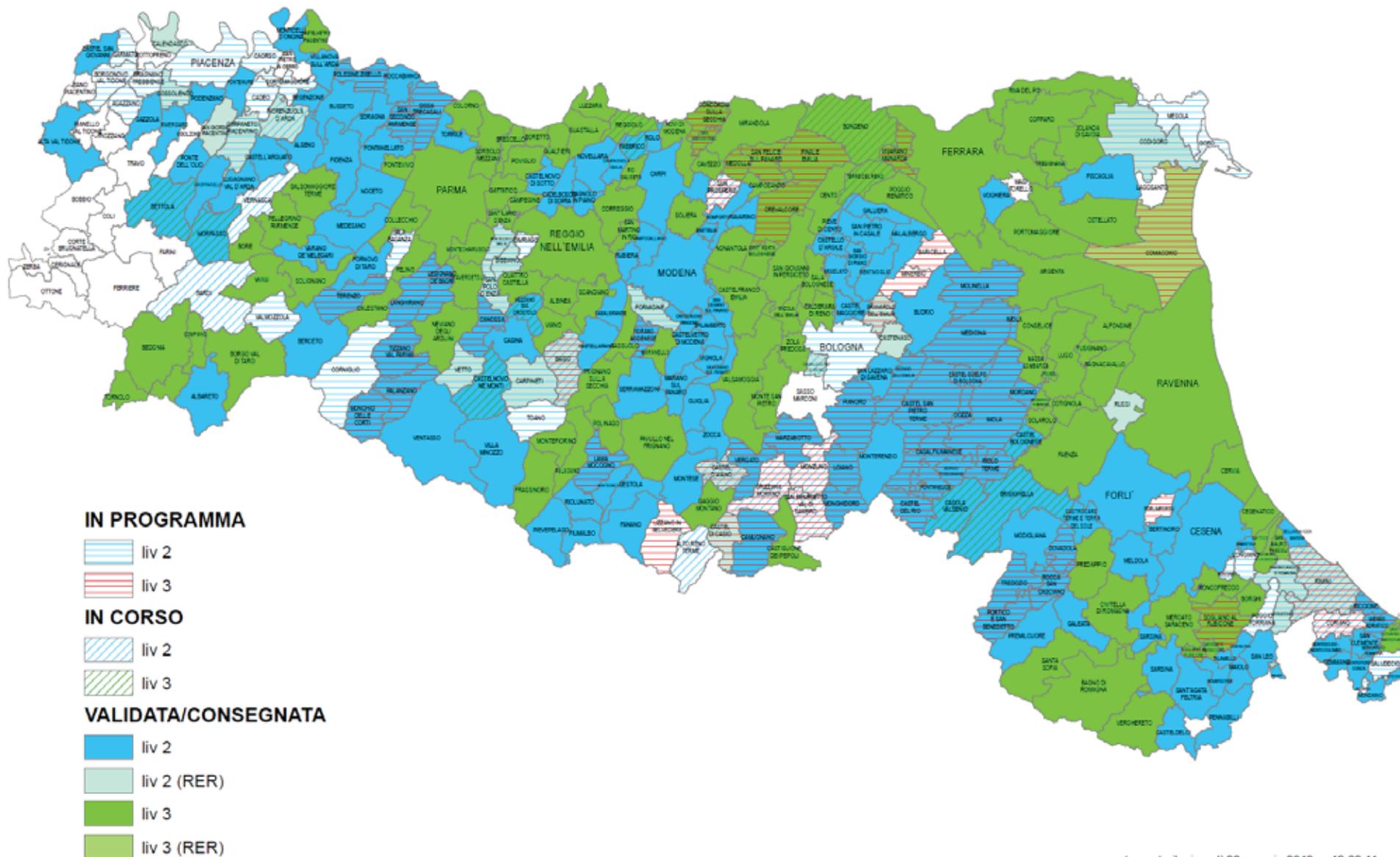
## Sintesi: indicazioni da MS per la progettazione - 3

Nelle aree instabili, gli approfondimenti di terzo livello hanno l'obiettivo di verificare/stimare l'instabilità. Tali stime sono di estrema utilità per indirizzare indagini e analisi per la progettazione. Possono essere fissate soglie di attenzione, es.  $IPL > 2$  o  $F_s < 1,1$ , cedimenti/spostamenti ammissibili  $< \dots$ . Se  $IPL \geq 5$ , per il calcolo dell'azione di sismica ai fini della progettazione non è ritenuta idonea la stima dell'amplificazione tramite l'approccio semplificato NTC e dovranno essere valutati i potenziali cedimenti e spostamenti.

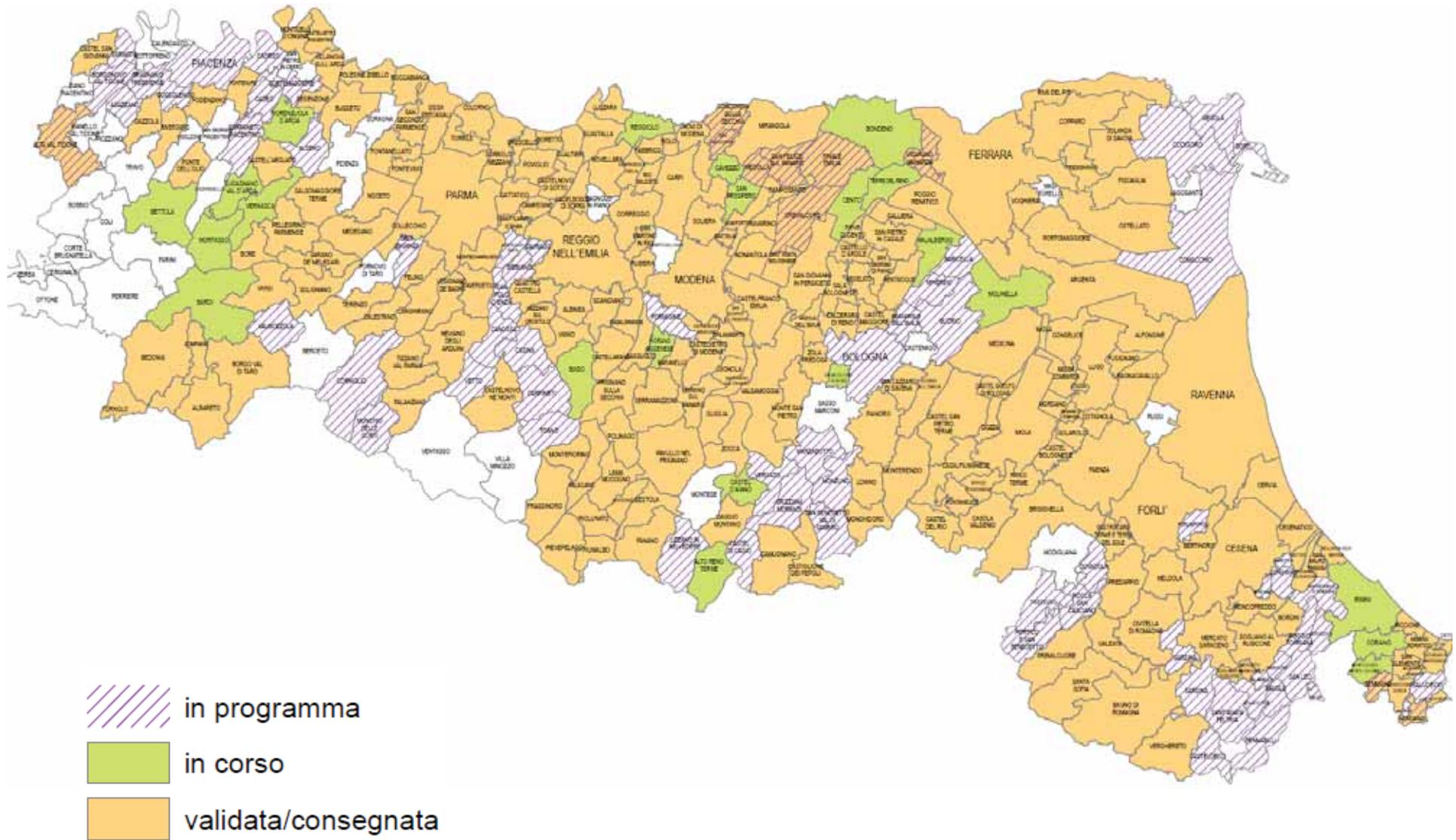
Nel caso in cui gli approfondimenti indichino un'elevata pericolosità (oltre le soglie fissate:  $IPL > 5$ ,  $F_s < 1,1$ , cedimenti/spostamenti  $> \dots$ ), sono raccomandati/obbligatori interventi di mitigazione o la non realizzazione degli interventi o la delocalizzazione.



# Stato dell'arte MS

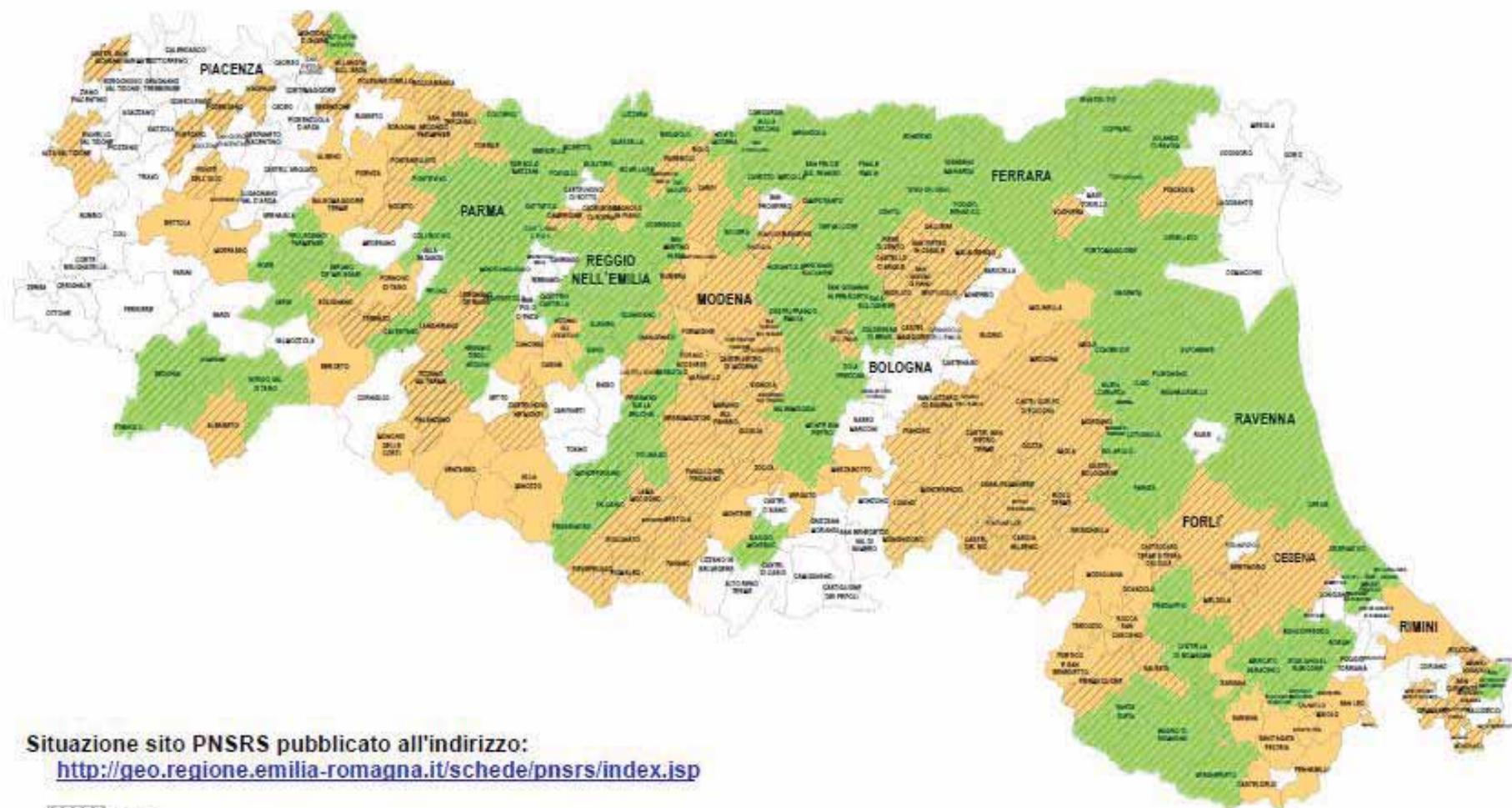


# Stato dell'arte CLE



Gli studi MS e CLE adeguati agli standard RER e DPC sono pubblicati in formato pdf nel sito web

<http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/>



-  CLE
-  MS Livello 3
-  MS Livello 2



## Programma nazionale di soccorso per il rischio sismico dell'Emilia-Romagna

### Introduzione

Commissione tecnica per il supporto e monitoraggio degli studi di microzonazione sismica (opcm n. 3907)  
 Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico (art. 11, Legge n. 77/2009)  
 RER SGSS cartografia-sisma-2012  
 RER SGSS microzonazione-sismica  
 Microzonazione sismica - nuovi strumenti per la valutazione dei fattori di amplificazione del moto sismico  
 RER SGSS Art. 11 del DL 28 aprile 2009, n.39

### Elenco comuni

#	Istat	Comune (scheda elab.)	Ordinanze finanziamento	Livelli MS	CLE	Archivio compresso elaborati	Zona 2003	ag rif.
1	33002	ALSENO(PC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>OPCM 4007/2012 MS2</li> </ul>	2		<ul style="list-style-type: none"> <li>OPCM 4007/2012 MS2</li> </ul>	3	0.147
2	33004	BETTOLA(PC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>OPCM 4007/2012 MS2</li> <li>OCDPC 171/2014 MS3+CLE</li> </ul>	2-3	CLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>OPCM 4007/2012 MS2</li> </ul>	3	0.134
3	33014	CASTELVETRO PIACENTINO(PC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>OCDPC 52/2013 MS2+CLE</li> <li>SGSS01/2014-RER MS3+CLE</li> </ul>	2-3	CLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>SGSS01/2014-RER CLE</li> <li>SGSS01/2014-RER MS3</li> </ul>	4	0.084

### Scheda Comune PARMA(PR)

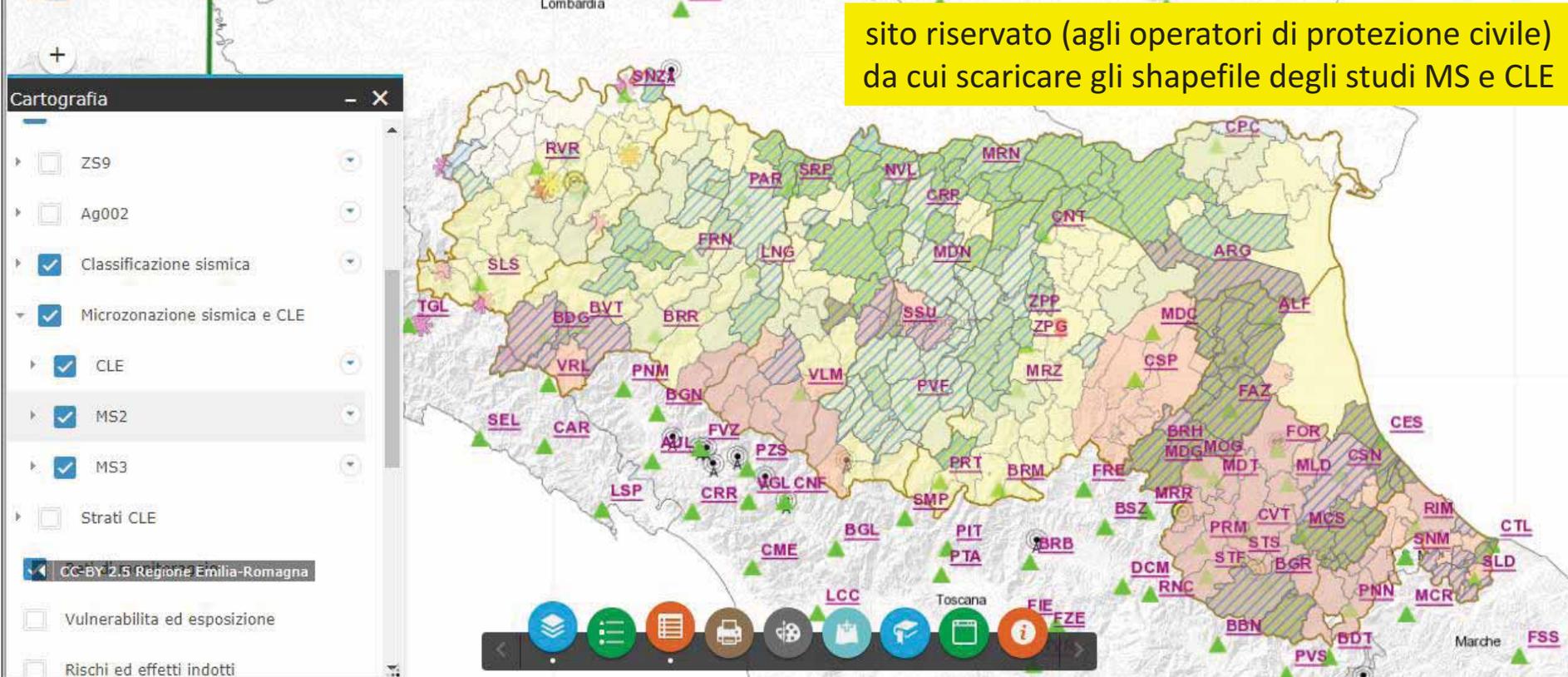
#### Elenco dei Comuni

Ordinanza-liv.	Download completo	Spedito	Validato
OCDPC 171/2014 - MS2+CLE	<a href="#">034027_0171CLE</a> <a href="#">034027_0171MZS</a>	09/06/2017	19/10/2017
OCDPC 344/2016 - MS3	<a href="#">034027_0344MZS</a>	01/10/2018	29/11/2018

#### di seguito i singoli elaborati:

Ordinanza	Tipo elab.	Elaborato	Dim.(MB)
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">VS_6.pdf</a>	2.7
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">CGT_1.pdf</a>	2.93
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">CGT_2.pdf</a>	4.59
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">CGT_25000.pdf</a>	6.85
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">CGT_3.pdf</a>	2.65
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">CGT_4.pdf</a>	2.8
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">CGT_5.pdf</a>	4.58
OCDPC 171/2014	MZS	<a href="#">CGT_6.pdf</a>	2.54

sito riservato (agli operatori di protezione civile) da cui scaricare gli shapefile degli studi MS e CLE



ID_COMUNE	NOME	ORDINANZA	LIVELLO	URL	SHAPE.AREA	SHAPE.LEN
39005,0000	CASOLA VALSENIO	OCDPC 52/2013	MS3	<a href="http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/in?id=39005">http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/in?id=39005</a>	84461550,6540	56667,8451
40020,0000	MERCATO SARACENO	OPCM 4007/2012	MS3	<a href="http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/in?id=40020">http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/in?id=40020</a>	99865401,8155	85008,6286
39006,0000	CASTEL BOLOGNESE	OCDPC 52/2013	MS3	<a href="http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/in?id=39006">http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/in?id=39006</a>	32278401,3564	38321,6523



*Microzonazione e prescrizioni sismiche contenute negli strumenti urbanistici: input progettuali  
Nuove procedure relative alle istanze di autorizzazione sismica e depositi ai sensi della LR 19/2008*

*mercoledì 26 giugno 2019, Aula Magna UniMoRE, Reggio Emilia*

***Grazie per l'attenzione***

**Luca Martelli**

Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente

