

## Ricostruzione post-sisma 2016 / Microzonazione sismica / NTC 2018

### 1. Premessa

Nella grande confusione della ricostruzione post-sismica 2016 sono piombate varie novità che non aiutano i professionisti a districarsi fra ordinanze che si automodificano, novità normative (NTC2018), circolari esplicative che dovranno uscire (forse prima dell'estate con un numero di pagine almeno pari alla norma).

Soprattutto non c'è chiarezza su come dovrà essere applicato uno strumento normativo fondamentale, costato di 6,5 milioni di euro, ovvero la Microzonazione Sismica fatta su 140 comuni (poi diventati 138 per via degli accorpamenti e delle fusioni).

Vediamo di mettere in fila alcune cose.

### 2. Ingresso delle NTC 2018

Dal 22 marzo sono operative le nuove norme tecniche sulle costruzioni ma cosa cambia nella parte la definizione dei terreni?

Un primo risultato si è raggiunto, in chiarezza, anche se lo era anche nelle NTC 2008, ma tutti noi progettisti facevamo finta di non vederlo, che la risposta sismica locale è il metodo principe per capire l'amplificazione specifica di sito e solo in subordine può essere applicato il metodo semplificato.

Infatti al § 3.2.2 delle NTC 2018 si legge:

***Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.***

Tale concetto è anche ribadito anche al § 7.11.5.1:

*La progettazione delle fondazioni è condotta unitamente alla progettazione dell'opera alla quale appartengono e richiede preliminarmente:*

- 1. la valutazione della risposta sismica locale del sito, secondo quanto indicato al § 7.11.3.1.*

Il solo parametro per la classificazione del sottosuolo è la velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ , tale parametro deve essere ottenuto mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Sono state modificate le categorie di sottosuolo (vedi confronto in tabella 1) eliminando le categorie S1 e S2, mantenendo le categorie A, B, C, D, E eliminando alcuni "buchi" della classificazione precedente e ridefinendo la categoria E.

Altra novità importante è la scomparsa della  $V_{s,30}$  che si trasforma in  $V_{s,eq}$  velocità equivalente delle onde di taglio e ne modifica anche la definizione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

H = profondità del substrato, definito come quella formazione (roccia o terreno) molto rigida, caratterizzata con  $V_s$  maggiore a 800 m/s (per semplicità bedrock sismico);



N = numero degli stati  
 $h_i$  = spessore dello strato i-esimo;  
 $V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo.

Prima differenza importante la  $V_{S,eq}$  e la  $V_{S,30}$ , che a prima vista sembrerebbero uguali, è che nel calcolo devono essere inseriti solo gli strati sopra al bedrock sismico, questo vuol dire che la velocità equivalente, senza l'inserimento della parte veloce del bedrock sismico, può modificare la definizione semplificata e l'ingresso nella tabella 3.2.II delle NTC2018.

La definizione  $V_{S,eq}$  è uguale alla  $V_{S,30}$  solo nel caso in cui il bedrock sismico sia ad una profondità maggiore di 30 metri, in questo caso vanno considerati solo gli strati con le relative velocità e spessori fino a tale profondità.

La tabella 3.2.II è così modificata:

Categoria	NTC 2008	NTC 2018
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie <b>uno strato di alterazione</b> , con spessore massimo pari a 3 m.	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <b>velocità delle onde di taglio</b> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie <b>terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti</b> con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti <b>con spessori superiori a 30 m</b> , caratterizzati da un <b>graduale</b> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s ( <b>ovvero NSPT<sub>30</sub> &gt; 50 nei terreni a grana grossa e cu<sub>30</sub> &gt; 250 kPa nei terreni a grana fina</b> ).	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 <b>velocità equivalente</b> compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti <b>con spessori superiori a 30 m</b> , caratterizzati da un <b>graduale</b> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( <b>ovvero 15 &lt; NSPT<sub>30</sub> &lt; 50 nei terreni a grana grossa e 70 &lt; cu<sub>30</sub> &lt; 250 kPa nei terreni a grana fina</b> ).	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti <b>con profondità del substrato superiori a 30 m</b> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <b>velocità equivalente</b> compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, <b>con spessori superiori a 30 m</b> , caratterizzati da un <b>graduale</b> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s ( <b>ovvero NSPT<sub>30</sub> &lt; 15 nei terreni a grana grossa e cu<sub>30</sub> &lt; 70 kPa nei terreni a grana fina</b> ).	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, <b>con profondità del substrato superiori a 30 m</b> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <b>velocità equivalente</b> compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).	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.

Tabella 1

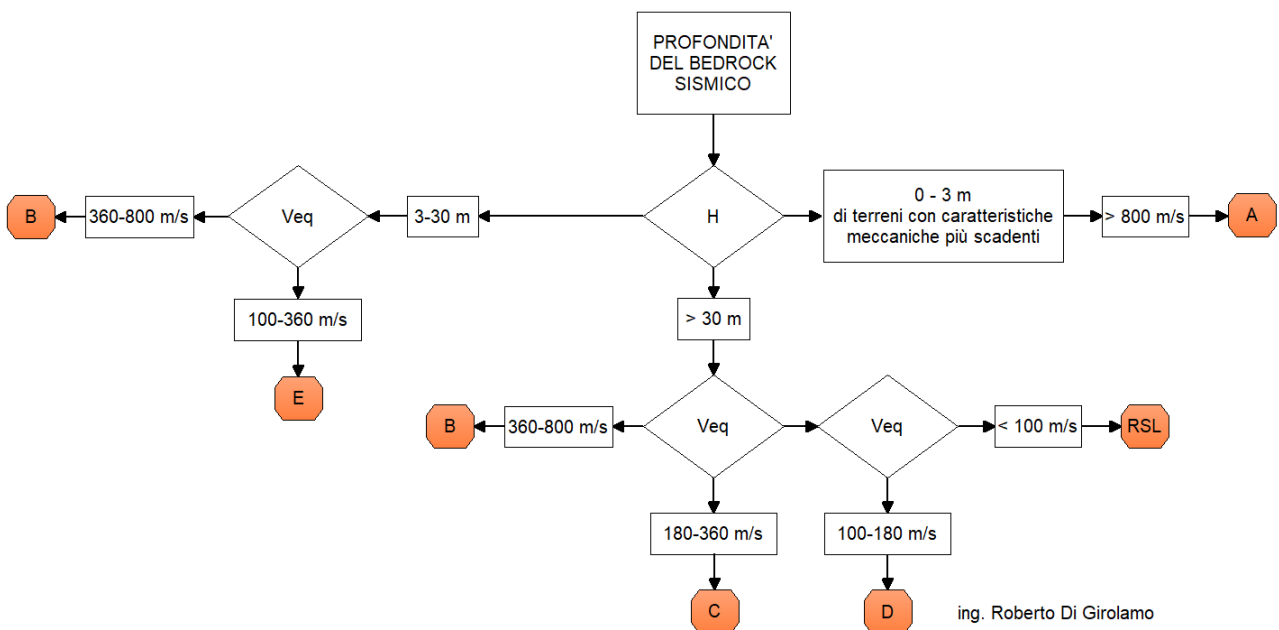
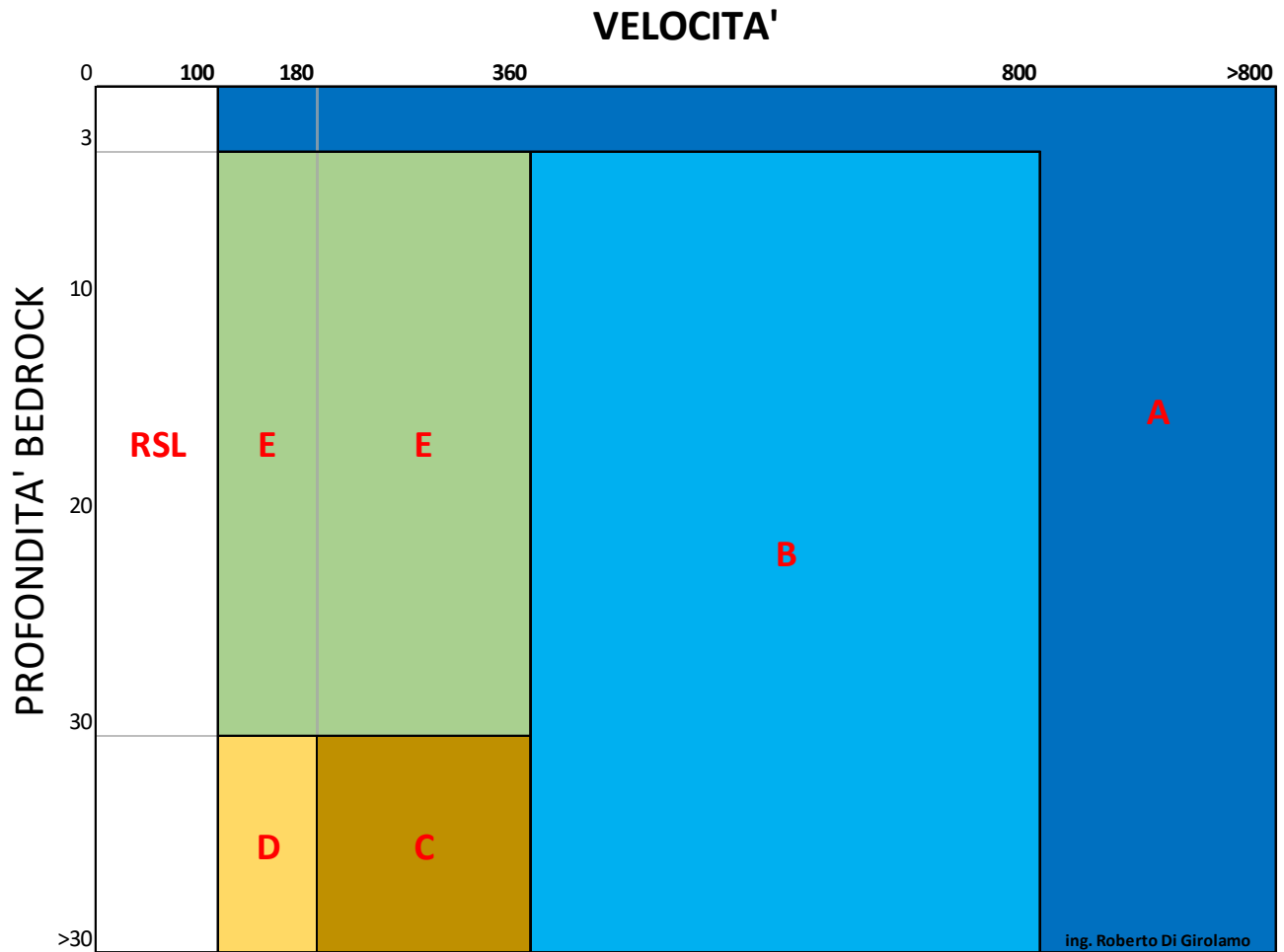
Analizzando le differenze fra le due tabelle saltano agli occhi varie differenze:

1. Errore nella intestazione della tabella 3.2.II delle NTC2018, viene riportata "Caratteristiche della superficie topografica".
2. Sparito, giustamente, il riferimento a NSPT e cu. Chi comanda sono le  $V_S$ .
3. Ridefinizione della categoria E che ingloba il buco delle NTC2008.
4. Si nota la scomparsa dell'aggettivo graduale.



5. Fondamentale differenza è che si passa dalla prospettiva dello spessore della copertura a quella della profondità del bedrock sismico, questo è quello che indirizza la categoria di sottosuolo nel caso dell'approccio semplificato.

Si modificano pertanto i percorsi logici per la definizione semplificata delle categorie di terreno:



Dalla circolare 617/2009 e dalla bozza della nuova circolare reperita in rete:

#### C7.11.3.1.2.1 Scelta della schematizzazione geometrica e definizione del modello geotecnico di sottosuolo.

La schematizzazione geometrica più semplice ai fini delle analisi è quella mono-dimensionale (1D), in cui, a prescindere dalla effettiva configurazione topografica del piano campagna, ci si riconduce allo schema di terreno, uniforme o stratificato orizzontalmente, delimitato da piano campagna orizzontale e poggiate su substrato rigido, anch'esso orizzontale. Sono assimilabili ad un substrato rigido strati di terreno molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio maggiori di 700-800 m/s.

Qualora il piano campagna, o la giacitura degli strati e/o del substrato non siano facilmente riconducibili a tale schematizzazione, ad esempio per la presenza di valli, creste, rilievi, ecc., l'assunzione di un modello 1D è poco realistica. In questi casi è possibile ricorrere a schematizzazioni bi-dimensionali (2D), assumendo condizioni di deformazione piana che consentono una modellazione adeguata degli effetti della morfologia profonda e di quella superficiale del sito.

Nella definizione del modello geotecnico di sottosuolo è necessario specificare, per ciascuno degli strati individuati, i parametri di ingresso all'analisi. Tale scelta è strettamente connessa al legame costitutivo del terreno scelto dal progettista.

Alcune considerazioni:

1. Se ci sono forti contrasti di impedenza l'approccio semplificato non può essere applicato <sup>1</sup>.
2. L'approccio semplificato può essere applicato solo nel caso di schema di terreno uniforme o stratificazione orizzontale del terreno.
3. Miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, nel caso di inversione di velocità l'approccio semplificato non può essere applicato.
4. Nel caso di presenza di cavità l'approccio semplificato non può essere applicato <sup>2</sup>.
5. Nel caso di depositi sopra al bedrock di forte spessore bisogna valutare attentamente la risposta sismica <sup>3</sup> e pertanto l'approccio semplificato non può essere applicato.

---

<sup>1</sup> Slide Marco Mucciarelli – Input Sismico da Risposta Sismica Locale: dai vantaggi teorici a tre casi pratici - <http://www.geologimarche.it/wp-content/uploads/2012/07/MARCO-MUCCIARELLI.pdf>.

<sup>2</sup> Slide Giuseppe Lanzo – Le categorie di sottosuolo nelle NTC08: limiti di applicabilità di VS30 - [http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12\\_23\\_05\\_Lanzo.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12_23_05_Lanzo.pdf)

<sup>3</sup> Slide Giuseppe Lanzo – Le categorie di sottosuolo nelle NTC08: limiti di applicabilità di VS30 - [http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12\\_23\\_05\\_Lanzo.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12_23_05_Lanzo.pdf)



### 3. Microzonazione, ricostruzione post sismica e nuove costruzioni

Gli studi di microzonazione sismica (MS) trovano la loro diretta applicazione nel campo della pianificazione urbanistica, fornendo gli elementi necessari alla determinazione della pericolosità del territorio sotto il profilo sismico<sup>4</sup>; tale concetto è stato ribadito e sottolineato anche dal prof. Albarello nell'incontro tenutosi a Camerino il 26 gennaio 2018, organizzato dall'ordine dei Geologi delle Marche.

Nell'Ordinanza 24 "Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016", allegato 1, premessa ultimo periodo:

***Il livello 1 può essere applicato alla sola pianificazione del territorio, mentre il livello 3 si applica alla pianificazione del territorio e può fornire elementi di supporto alle valutazioni che il progettista responsabile degli interventi sui manufatti deve comunque fare sotto la sua esclusiva responsabilità, anche indipendentemente dai risultati della microzonazione di livello 3.***

Dal Rapporto del commissario straordinario del settembre 2017 – si legge al capitolo: CentroMS e microzonazione sismica dei territori dell'Italia centrale colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016.

***Il livello 3 di microzonazione sismica, volto alla quantificazione degli effetti di amplificazione nelle aree stabili e ad un approfondimento conoscitivo delle aree instabili, oltre a consentire una migliore pianificazione per localizzare in modo ottimale i nuovi insediamenti e le future aree di espansione, potrà fornire utili indicazioni ai progettisti degli interventi di riparazione e miglioramento/adequamento sismico su come pianificare le indagini e ottimizzare le analisi della risposta sismica locale, comunque previste per la singola opera dalle norme tecniche vigenti per le costruzioni.***

*La microzonazione sismica, infatti, fornisce valutazioni quantitative medie in un'area omogenea dove, tuttavia, la seppur limitata variabilità locale delle caratteristiche geologiche e morfologiche può determinare puntuali differenze negli effetti di amplificazione. Tali possibili differenze rendono necessarie analisi specifiche, come prescritto dalle norme tecniche, da realizzare a livello del singolo edificio. Per questo motivo il progettista può e deve operare indipendentemente dalla disponibilità degli studi di microzonazione sismica di livello 3, così come avviene attualmente in pressoché tutti i Comuni italiani che ne sono privi.*

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), approvate con D.M. 14.01.2008, e la loro revisione approvata con D.M. 17.01.2018, richiedono che nella progettazione siano affrontati aspetti comuni agli studi di MS. È quindi conseguente che tali studi condividano alcuni obiettivi. Occorre però distinguere la scala alla quale si opera. Infatti, la progettazione è riferita ad uno specifico manufatto (scala del manufatto) e quindi riguarda ambiti territoriali che possono essere estremamente limitati, mentre la MS opera su una scala areale ed è riferita ad una microzona la cui estensione può essere notevole, in dipendenza delle condizioni di relativa omogeneità del sottosuolo (scala della microzona). In genere, quindi, lo studio a supporto della progettazione fornisce informazioni più puntuali di quelle che si possono ottenere dagli studi per la MS. Quest'ultima, di contro, offre informazioni relative ad aree più estese e quindi offre una conoscenza più diffusa, di sicuro interesse soprattutto per la pianificazione urbanistica e la pianificazione di emergenza.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Slide V. D'Intinosante, M. Baglione, F. Gallori - LA MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO: L'ESEMPIO DI FIVIZZANO (MS)

[http://www.regione.toscana.it/documents/10180/12262194/ms3\\_fivizzano.pdf/377fa08f-ac3a-4cfb-b3be-25e643ad12a8](http://www.regione.toscana.it/documents/10180/12262194/ms3_fivizzano.pdf/377fa08f-ac3a-4cfb-b3be-25e643ad12a8)

<sup>5</sup> Indicazioni per l'uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3,

[http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni\\_uso\\_cartelivello3.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni_uso_cartelivello3.pdf)



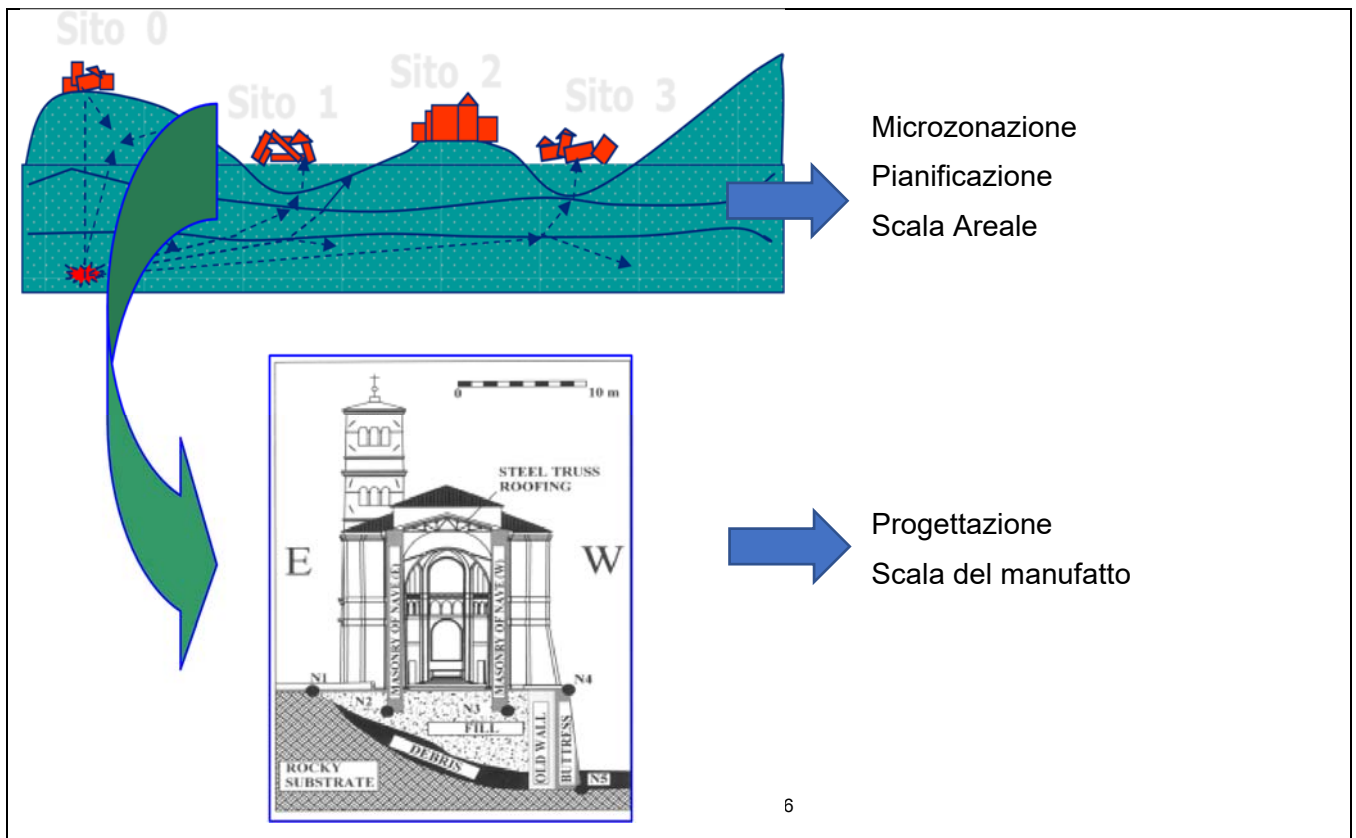


Figura 1

Sicuramente una analogia che può essere usata è quella della relazione geologica di lottizzazione (inquadramento generale e individuazione delle possibili problematiche) e della relazione geologica di lotto (esecutiva).

I risultati della microzonazione danno come risultato degli FA che descrivono l'amplificazione sismica come rapporto fra gli spettri di output ricavati dalla modellazione (1D o 2D) per intervalli di periodi ben definiti (0,1-0,5; 0,4-0,8; 0,7-1,1) e quelli di input (su suolo rigido), ricavati dagli accelerogrammi spettro compatibili secondo quanto previsto dalle NTC; tali valori sono ottenuti nell'areale definito e pertanto mediano la situazione che è stata sintetizzata dalla MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) definita.

Il parametro  $S_s$ , delle NTC, misura anch'esso una amplificazione rispetto allo spettro su suolo rigido, esso è ricavato nello specifico sito dove è costruito o dove si costruirà il manufatto ed è costante per tutto lo spettro.

Sicuramente tali coefficienti sono parenti, ma sono definiti in maniera diversa.

Quello che appare chiaro, ed è ribadito dai documenti ufficiali, è che i valori ottenuti dalla microzonazione devono funzionare da campanello di allarme, valore di attenzione, per la progettazione esecutiva, nel caso in cui essi superino alcuni valori, ma come?

Richiamando il documento "Indicazioni per l'uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3" (nota 3) si può dire, stabilite le differenze tra FA e  $S_s$ , si possono però delineare, con riferimento alle NTC, alcune modalità d'uso specifiche degli FA riportati sulle mappe di MS:

1. Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali la conoscenza di FA **può orientare nella scelta e quantificazione** delle indagini da effettuare per l'identificazione delle categorie di sottosuolo previste dalla norma; inoltre per costruzioni soggette a lavori che non comportano incrementi di carico in fondazione e non peggiorano la situazione del pendio ed in assenza di

<sup>6</sup> immagine tratta dalle slide: G. Naso - Dipartimento della protezione civile - Giornata di studi -Metodi e risultati della microzonazione sismica: La lezione del terremoto aquilano – <https://geologilazio.it/public/file/2010/12/MSvsNTC08.pdf>



dissesti riconducibili a cedimenti del terreno, è possibile che la verifica di stabilità del versante non sia effettuata.

2. FA costituisce **un valore di riferimento** che sarà tanto più indicativo quanto più il professionista giudicherà il modello del sottosuolo, definito nella microarea, rappresentativo dell'area di fondazione del manufatto.
3. Alcuni FA caratterizzano aree il cui modello del sottosuolo non è ben definito nelle NTC, per esempio **aree subito a ridosso dei rilievi** (risultati fortemente condizionati da effetti 2D) o aree in cui è misurato un profilo **con inversioni di velocità**, ossia quando l'andamento delle velocità delle onde di taglio non risulta monotonicamente crescente verso il basso. In questi casi il valore di  $S_s$  di NTC dovrà essere valutato con modelli più complessi di quelli normalmente assunti nelle NTC (basati sull'identificazione del tipo di suolo in relazione alla velocità delle onde di taglio negli ultimi trenta di metri).
4. Valori di **FA maggiori di 2**, caratterizzano aree particolari, con sensibili amplificazioni locali su determinate frequenze e quindi indicano la necessità di svolgere indagini più approfondite.
5. Nelle **zone stabili, con FA=1**, previa verifica speditiva dell'effettiva corrispondenza di quanto riportato nella carta di MS con le condizioni al sito del manufatto e previa esecuzione di indagini di limitata estensione, è possibile attribuire al sottosuolo la categoria A (o B nel caso in cui una coltre di alterazione o una fratturazione intensa e pervasiva determinino proprietà meccaniche riferibili a tale categoria).<sup>7</sup>

Pertanto da quanto sopra riportato la microzonazione è base per la progettazione e ci deve fare porre l'attenzione sul problema fattuale e amplificazione.

Infatti nel caso in cui ci siano forti contrasti di impedenza, ovvero forti variazioni della velocità degli strati questi possono provocare amplificazioni importanti dell'input sismico, molto superiori a quelli che l'approccio semplificato è capace di stimare.

---

<sup>7</sup> Indicazioni per l'uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3,  
[http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni\\_uso\\_carteLivello3.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni_uso_carteLivello3.pdf)



## 4. Microzonazione e Ordinanza 55

Quanto riportato nel capitolo precedente viene ripreso dall'Ordinanza 55 del commissario per la ricostruzione post-simica 2016, appendice 1 dell'allegato 1, che va a sostituire all'allegato 1 dell'Ordinanza 24/2018.

In tale documento viene specificato come la microzonazione incide sia nella pianificazione che negli interventi sui manufatti.

### 4.1. Pianificazione

L'ordinanza nello specifico mette in evidenza come la microzonazione fornisce informazioni quantitative sull'entità dell'amplificazione dello spettro di risposta della zona considerata, permettendo il confronto fra la pericolosità sismica del territorio comunale.

Tali indici sono fondamentali per la pianificazione del territorio e per la pianificazione della ricostruzione per valutare il contesto in cui si colloca tale zona per valutare le vie di accesso, collegamenti fra edifici principali, edifici prospicienti le vie di fuga, nonché la tipologia di edificato meno sensibile all'eventuale amplificazione sismica.

Come riportato nella ordinanza 55, gli strumenti di pianificazione urbanistica comunale, fon gli FA dovrebbero:

- a) individuano il grado relativo di pericolosità locale di ciascuna parte del territorio urbanizzato e urbanizzabile;
- b) definiscono prescrizioni per la riduzione del rischio sismico, fissando, per le diverse parti del territorio, i limiti e le condizioni per realizzare gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia.

### 4.2. Interventi sui manufatti

In questo caso deve essere effettuato un confronto fra gli spettri ottenuti nella specifica zona dalla Microzonazione di terzo Livello, con quello ottenuto con l'approccio semplificato. Dal confronto dovranno essere valutate due condizioni, se nessuna delle due è verificata è possibile utilizzare l'approccio semplificato. Se almeno una è verificata lo spettro previsto dall'approccio semplificato può ritenersi meno conservativo di quello di MS3.

In questo ultimo caso il progettista dovrà decidere come procedere (risposta sismica locale 1D, risposta sismica locale 2D, adottare gli spettri di MS3), dandone adeguata giustificazione in relazione.





## 5. Analisi della microzonazione: FA v/s $S_s$

Ora per capire meglio quanto sopra scritto è bene porsi una domanda, ovvero: posso confrontare FA e  $S_s$ ?

Da come abbiamo detto sopra sono cose non confrontabili in quanto  $S_s$  è applicabile su tutto lo spettro e FA è calcolato solo su parti di esso.

Per cercare ovviare a tale problema si sono presi in considerazione i 140 comuni del cratere sismico e si sono ricavati gli spettri da normativa per le 5 categorie di sottosuolo (A, B, C, D, E).

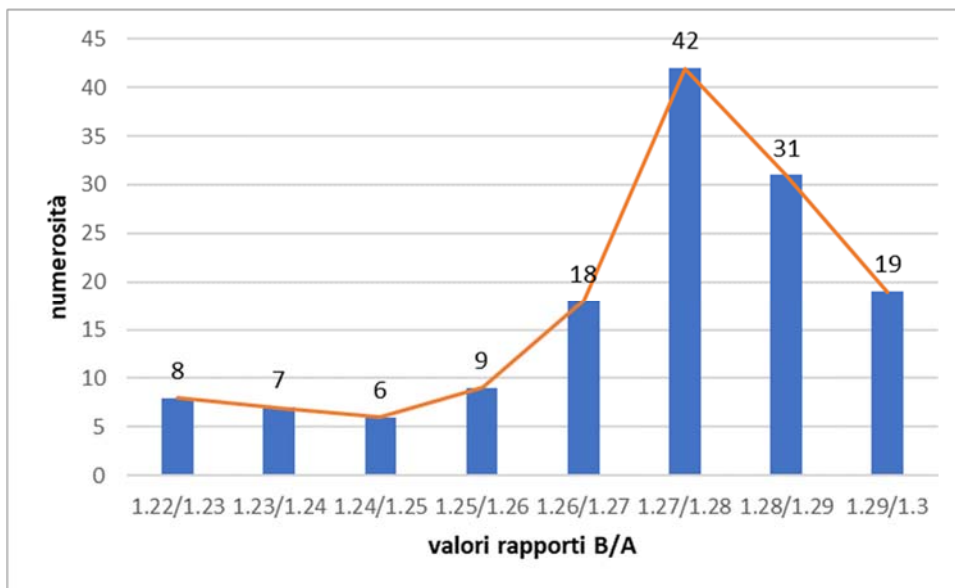
Per confrontare i risultati dei rapporti FA (rapporto fra gli integrali calcolati fra gli intervalli stabiliti [0,1-0,5; 0,4-0,8; 0,7-1,1] degli spettri di output e di input) dati dalla microzonazione e quelli ricavati dagli spettri da NTC, si sono calcolati gli integrali con lo stesso passo logaritmico fatto per la microzonazione e per gli stessi intervalli.

A questo punto si sono calcolati i 12 rapporti, B/A, C/A, D/A e E/A, per ogni intervallo di periodo e per ogni comune, dopo di che si sono ricavati la media, la deviazione standard, la mediana e la moda, i risultati si riportano di seguito:

RAPPORTI FA <sub>NTC</sub>						
B/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.2716	0.0183	1.2994	1.2244	1.2765	1.2768
0.4-0.8	1.5875	0.0241	1.6274	1.5249	1.5918	1.5927
0.7-1.1	1.6267	0.0223	1.6543	1.5703	1.6354	1.6365
C/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.5002	0.0411	1.5513	1.4094	1.5145	1.5145
0.4-0.8	2.0051	0.0565	2.0795	1.8745	2.0206	2.0206
0.7-1.1	2.1112	0.0582	2.1824	1.9852	2.1297	2.1337
D/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.7021	0.0982	1.8183	1.5018	1.7377	1.7449
0.4-0.8	2.7846	0.1628	2.9902	2.4252	2.8392	2.8399
0.7-1.1	3.5639	0.2075	3.8125	3.1315	3.6356	3.6529
E/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.5328	0.0740	1.6210	1.3792	1.5596	1.5640
0.4-0.8	2.2867	0.1116	2.4268	2.0403	2.3246	2.3252
0.7-1.1	2.5896	0.1261	2.7388	2.3291	2.6364	2.6452

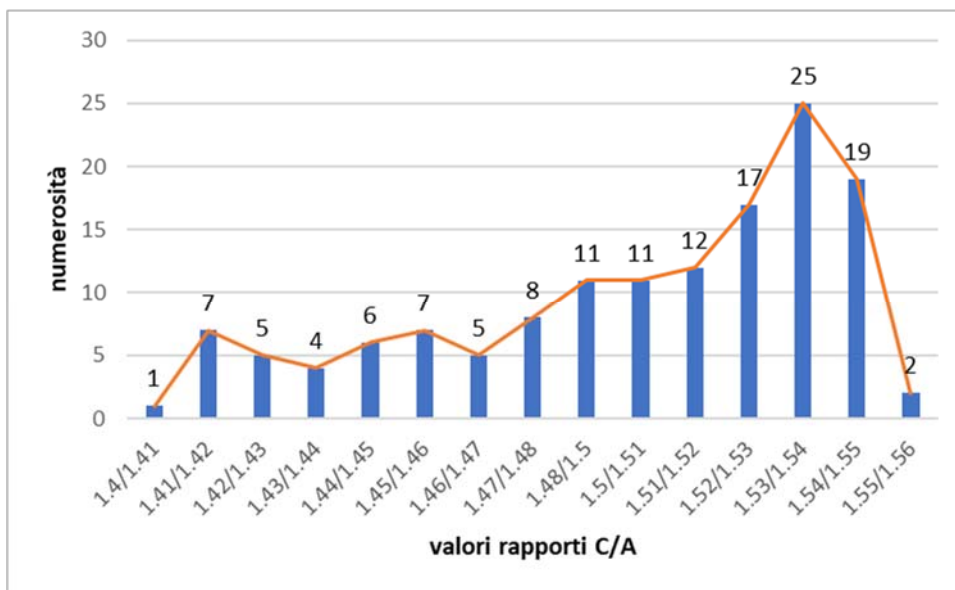
Tabella 2

Analizziamo anche la distribuzione dei valori:



RAPPORTI FA <sub>NTC</sub>						
B/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.2716	0.0183	1.2994	1.2244	1.2765	1.2768
0.4-0.8	1.5875	0.0241	1.6274	1.5249	1.5918	1.5927
0.7-1.1	1.6267	0.0223	1.6543	1.5703	1.6354	1.6365

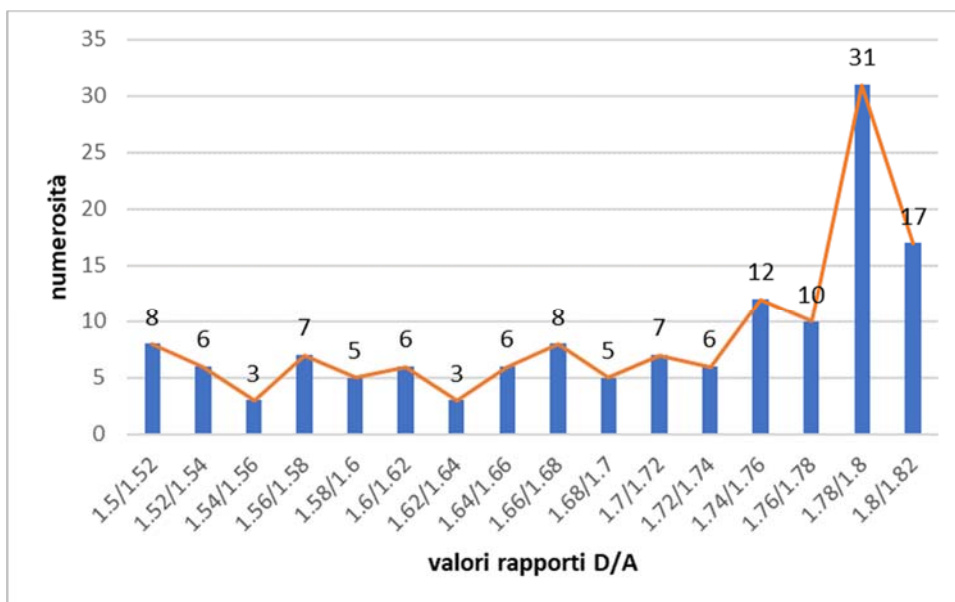
tabella 3



RAPPORTI FA <sub>NTC</sub>						
C/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.5002	0.0411	1.5513	1.4094	1.5145	1.5145
0.4-0.8	2.0051	0.0565	2.0795	1.8745	2.0206	2.0206
0.7-1.1	2.1112	0.0582	2.1824	1.9852	2.1297	2.1337

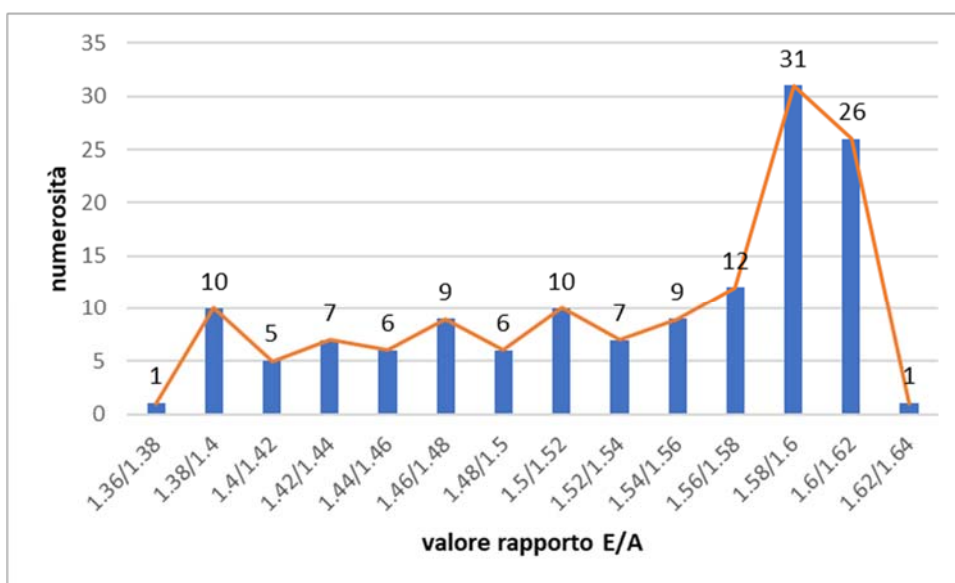
tabella 4





RAPPORTI FA <sub>NTC</sub>						
D/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.7021	0.0982	1.8183	1.5018	1.7377	1.7449
0.4-0.8	2.7846	0.1628	2.9902	2.4252	2.8392	2.8399
0.7-1.1	3.5639	0.2075	3.8125	3.1315	3.6356	3.6529

tabella 5



RAPPORTI FA <sub>NTC</sub>						
E/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.5328	0.0740	1.6210	1.3792	1.5596	1.5640
0.4-0.8	2.2867	0.1116	2.4268	2.0403	2.3246	2.3252
0.7-1.1	2.5896	0.1261	2.7388	2.3291	2.6364	2.6452

tabella 6



Analizzando la distribuzione dei dati si nota che essa non è simmetrica, la maggiore frequenza relativa dei dati è spostata ed è verso il valore più alto.

Pertanto si sono considerati tutti gli stimatori, ovvero media, mediana e moda<sup>8</sup>: si può notare che moda e mediana possono considerarsi i migliori estimatori della serie di dati considerati.

Considerando questi valori (moda e mediana) si evince che per i periodi dove usualmente è posizionata la maggior parte degli edifici ordinari, cioè 0.1-0.5 (da 1 a 4 piani per edifici in acciaio, da 1 a 5 piani edifici in CA e da 1 a 7 piani edifici in muratura), la media degli  $FA_{NTC}$  per la categoria di terreno B è circa 1,28, per la categoria C è circa 1,51, per la categoria D circa 1,74 e per la categoria E è circa 1,56.

Tali valori sono in linea con quanto ci saremmo aspettati, ovvero con i massimi delle tabelle 3.2.IV delle NTC 2018 (o 3.2.V NTC 2008) ovvero circa 1,2 per la categoria B, circa 1,5 per la categoria C, circa 1,8 per la categoria D e circa 1,6 per la categoria E.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 7

Confrontando anche i valori minimi e massimi dei rapporti e la deviazione standard appare che i risultati sono poco dispersi.

Considerazione diversa, invece, per i range di periodi più alti [0,4-0,8; 0,7-1,1], per questi periodi tali valori non sono confrontabili con  $S_S$  ricavabile da NTC, ma in ogni caso possono dare dei limiti di attenzione, sopra le quali devo considerare la RSL.

Per comprendere la differenza fra i valori di  $FA_{NTC}$  e  $S_S$  e valutare la discrepanza è stato fatto il rapporto questi due valori per avere la mappatura dell'errore che si commette nel confondere tali valori differenti, anche qui per tutti gli intervalli di periodo e per tutti i comuni e per tutte le categorie di suolo.

I risultati si riportano di seguito:

<sup>8</sup> Si definisce moda il valore (o i valori) cui corrisponde la massima frequenza assoluta.

Si definisce mediana il valore centrale dei valori.

Si definisce media il rapporto fra la somma dei valori e il numero dei valori.

RAPPORTI $FA_{NTC}/S_s$						
B	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	106.9%	0.8%	108.8%	105.6%	106.7%	106.4%
0.4-0.8	133.5%	1.2%	136.3%	131.4%	133.2%	132.7%
0.7-1.1	136.8%	0.6%	138.3%	135.7%	136.6%	136.4%
RAPPORTI $FA_{NTC}/S_s$						
C	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	106.9%	1.0%	109.3%	105.2%	106.7%	106.3%
0.4-0.8	142.9%	1.8%	147.3%	139.7%	142.5%	141.8%
0.7-1.1	150.4%	1.1%	153.2%	148.5%	150.2%	149.7%
RAPPORTI $FA_{NTC}/S_s$						
D	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	102.6%	1.1%	105.3%	100.8%	102.4%	101.8%
0.4-0.8	167.9%	3.4%	176.4%	162.1%	167.1%	165.7%
0.7-1.1	214.8%	2.6%	221.4%	210.3%	214.3%	213.2%
RAPPORTI $FA_{NTC}/S_s$						
E	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	105.2%	1.0%	107.9%	103.5%	105.0%	104.5%
0.4-0.8	157.0%	2.6%	163.4%	152.7%	156.4%	155.4%
0.7-1.1	177.8%	1.6%	181.8%	175.0%	177.4%	176.8%

Tabella 8

Varie considerazioni possono essere fatte analizzando i risultati di tale confronto:

1. In generale i valori di  $FA_{NTC}$  sono superiori ai valori di  $S_s$  e questo è normale in quanto  $S_s$  è considerato su tutto lo spettro.
2. Le differenze fra  $FA_{NTC}$  e  $S_s$  è molto piccola (pochi punti percentuali) per i periodi 0.1-0.5 e questo può indicare che per tale range di periodi può essere considerato anche ragionevole il confronto fra i valori di  $S_s$  e  $FA$  da microzonazione. Tale confronto deve portare ad una attenzione particolare nel caso di valori di  $FA$  da microzonazione superiori a quelli che la  $S_s$  da categorie di suolo semplificate.
3. Per i range di periodi 0.4-0.8 e 0.7-1.1 tale confronto non può essere fatto in quanto i valori sono troppo differenti.
4. Per tutte i confronti la dispersione dei risultati è molto contenuta.

## 6. Conclusioni

Dalle considerazioni sopra fatte e dalle analisi effettuate, secondo il sottoscritto, possono essere tratte delle conclusioni di carattere generale che possono essere di ausilio alla progettazione, che mutuano quanto già riportato nelle "Indicazioni per l'uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3":

1. Per una corretta valutazione del problema è necessario predisporre un modello geologico e sismostratigrafico alla scala di dettaglio necessaria per il tipo di azione che si intende intraprendere.
2. Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali la conoscenza di FA **può orientare nella scelta e quantificazione** delle indagini da effettuare per l'identificazione delle categorie di sottosuolo previste dalla norma.
3. FA costituisce **un valore di riferimento** che sarà tanto più indicativo quanto più il professionista giudicherà il modello del sottosuolo, definito nella microarea, rappresentativo dell'area di fondazione del manufatto.
4. Alcuni FA caratterizzano aree il cui modello del sottosuolo non è ben definito nelle NTC, per esempio **aree subito a ridosso dei rilievi (risultati fortemente condizionati da effetti 2D)** o aree in cui è misurato un profilo **con inversioni di velocità** o aree con **morfologie sepolte (risultati fortemente condizionati da effetti 2D)**, ossia quando l'andamento delle velocità delle onde di taglio non risulta monotonicamente crescente verso il basso (**forti contrasti di impedenza ovvero grossi salti di velocità possono portare a forti amplificazioni**). In questi casi il valore di  $S_s$  di NTC dovrà essere valutato con modelli più complessi di quelli normalmente assunti nelle NTC.
5. Per gli edifici usuali, cioè da 1 a 4 piani per edifici in acciaio, da 1 a 5 piani edifici in CA e da 1 a 7 piani edifici in muratura, ricadenti circa nel primo intervallo di integrazione (0,1-0,5) quando i valori di FA **sono maggiori di 1.7 si dovrebbe studiare la risposta sismica locale**.
6. Per gli FA nei periodi superiori (0,4-0,8; 0,7-1,1) i limiti di attenzione sono stabiliti dalle medie ricavate dalla statistica sopra riportata, ovvero facendo la media di tutti valori ottenuti per tutte le varie categorie di suolo otteniamo che il valore di attenzione per i periodi 0,4-0,8 è 2,2, mentre per i periodi 0,7-1,1 il valore di attenzione è 2,5.
7. Nelle **zone stabili, con FA=1**, previa verifica speditiva dell'effettiva corrispondenza di quanto riportato nella carta di MS con le condizioni al sito del manufatto e previa esecuzione di indagini di limitata estensione, è possibile attribuire al sottosuolo la categoria A (o B nel caso in cui una coltre di alterazione o una fratturazione intensa e pervasiva determinino proprietà meccaniche riferibili a tale categoria).
8. Nelle **zone stabili, con FA=1**, bisogna sempre prestare attenzione alla eventuale **amplificazione topografica**.
9. In ogni caso per gli edifici rilevanti (classe III) e strategici (classe IV) deve essere sempre effettuata la RSL.

**Tutto quanto sopra riportato è frutto di una lettura personale e critica degli studi di MS3, dell'ordinanza 55 sulla regolarizzazione degli spettri e di tutti i documenti citati riportati nelle note.**

Ing. Roberto Di Girolamo

