

Task 6: Qualificazione e certificazione degli elementi non strutturali

G. Magliulo, D. D'Angela, C. R. Addeo, M. Zito, A. Occhiuzzi & E. Cosenza

Sviluppo e validazione analitico-sperimentale di un nuovo protocollo per la qualificazione sismica degli elementi non strutturali

1. Descrizione del protocollo Zito et al. e approcci di qualificazione sismica

❖ Il protocollo **Zito et al. (2022a)** definisce la procedura e i requisiti per la valutazione sismica di elementi non strutturali sensibili all'accelerazione mediante prove su tavola vibrante e mira ad essere generico e universale.



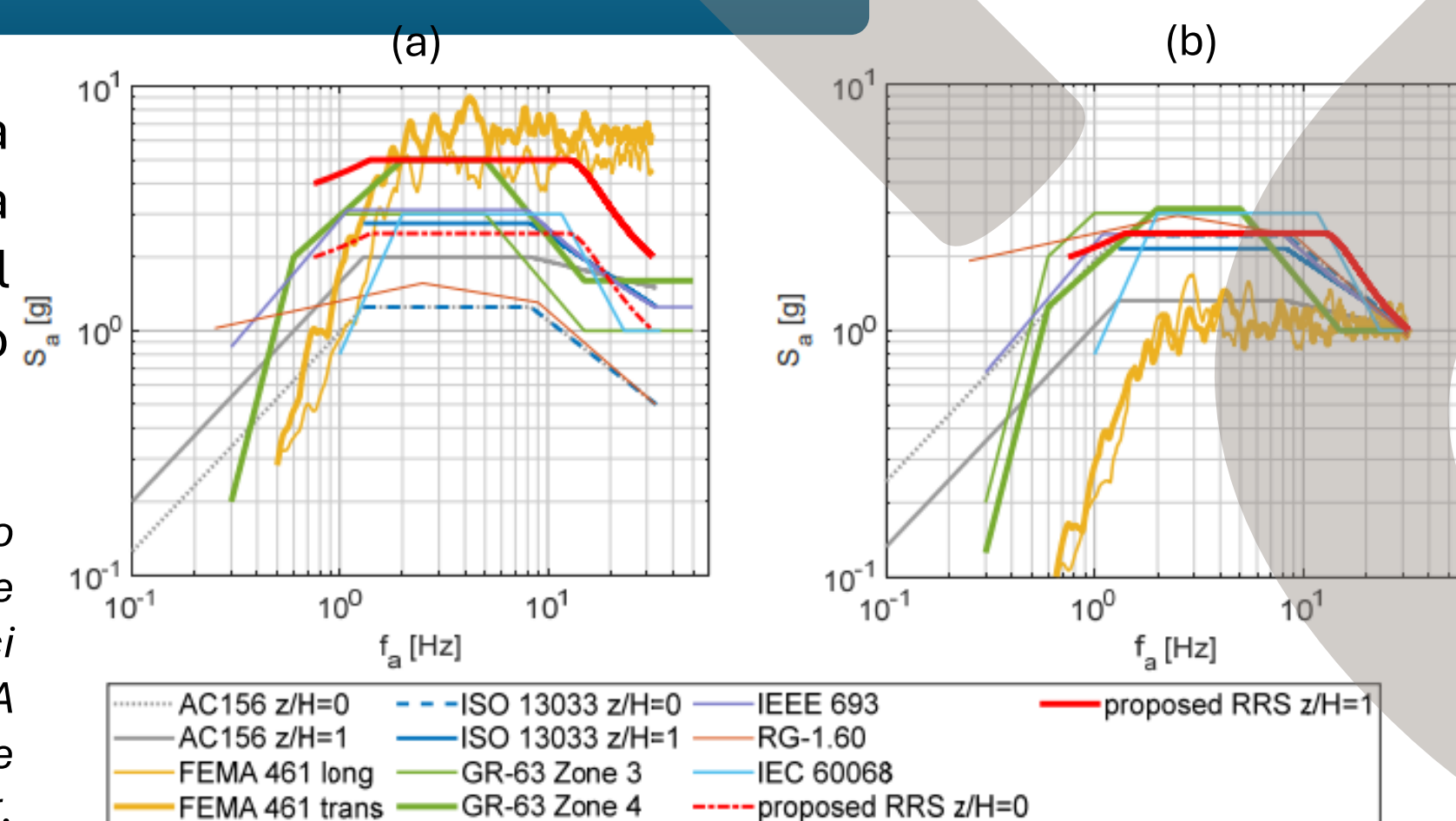
Si presta maggiormente a estrapolazioni, estensioni e generalizzazioni delle risultanze della qualificazione sismica e rappresenta uno strumento più efficace per il miglioramento delle prestazioni sismiche degli elementi testati e per lo sviluppo di tecnologie innovative.

❖ All'interno del protocollo:

- Tipologia del campione di prova da testare
- Fasi di generazione e definizione del segnale di prova
- Numero campioni da testare
- Programma di prova definito da una serie di scuotimenti dinamici

❖ Il protocollo include la possibilità di applicare una deroga alla generazione del segnale rispetto al contenuto in frequenza della baseline.

Figura 2 - Confronto tra lo spettro sviluppato in (Zito et al., 2022a) e gli spettri definiti nei codici correnti, considerando (a) PGA pari a 0.5 g e (b) ordinata spettrale a 32 Hz pari a 1.0 g.



❖ Nel protocollo Zito et al. viene sviluppata una nuova espressione dell'RRS (Required Response Spectrum), estendendo la formulazione della domanda sismica definita come formulazione semplificata per edifici con struttura a telaio nelle NTC 2018 (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2019, 2018).

Formulazione semplificata per telai riportata dalle NTC 2018

$$S_a(T_a) = \begin{cases} \max\left\{ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{\alpha T_1}\right)^2} \right], \alpha S \right\} & \text{per } T_a < \alpha T_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) a_p & \text{per } \alpha T_1 \leq T_a < T_1 \\ \max\left\{ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{b T_1}\right)^2} \right], \alpha S \right\} & \text{per } T_a > b T_1 \end{cases}$$

- α : accelerazione orizzontale massima sul sito di riferimento considerando il terreno rigido espressa in termini di g;
- S : fattore di amplificazione del suolo;
- H : altezza dell'edificio dallo spiccatto delle fondazioni;
- z : quota del baricentro dell'elemento non strutturale dallo spiccatto delle fondazioni;
- a_p, b e a_p : parametri definiti in base al periodo fondamentale di costruzione;
- T_a : periodo dell'elemento non strutturale;
- T : periodo dell'edificio.

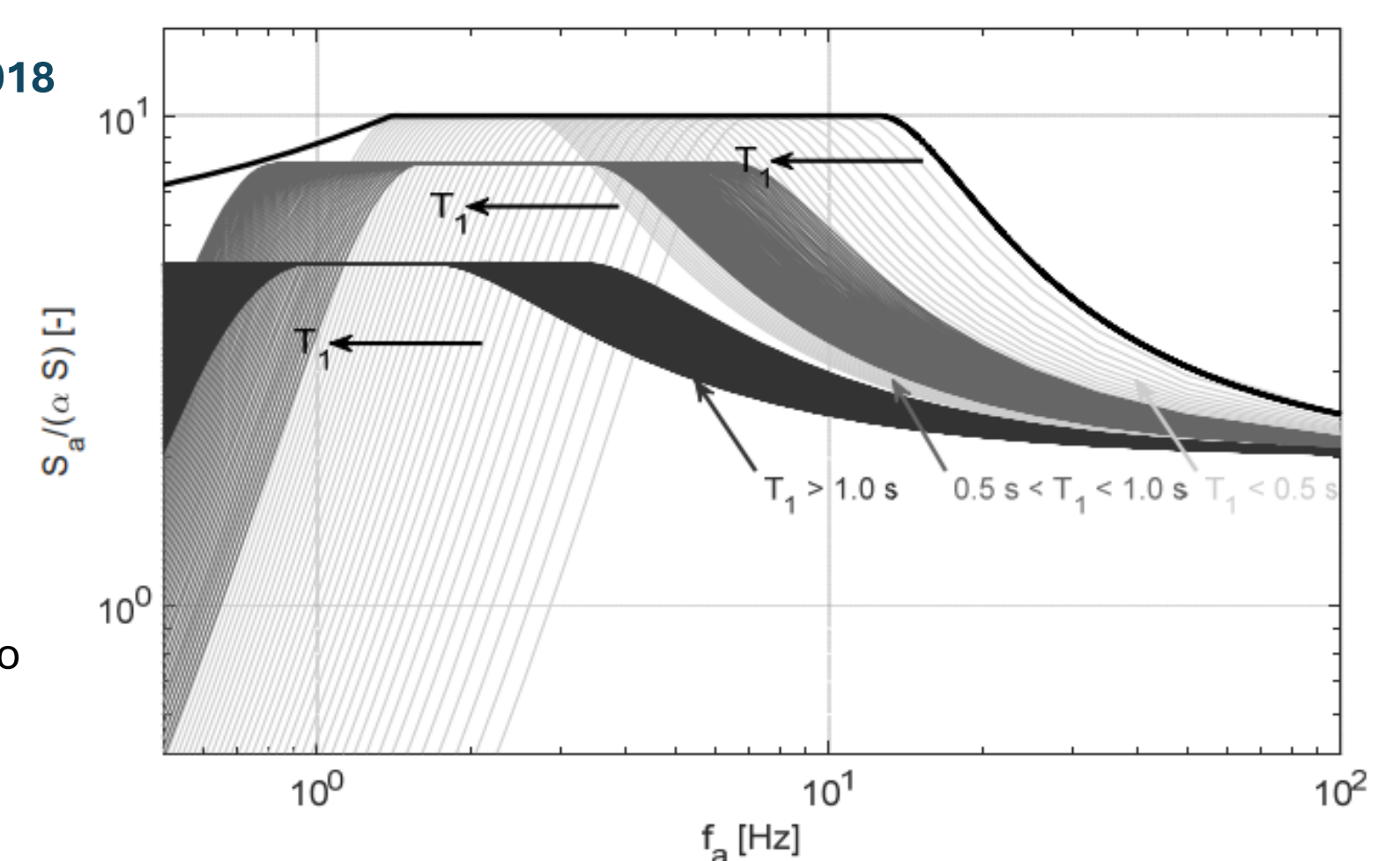
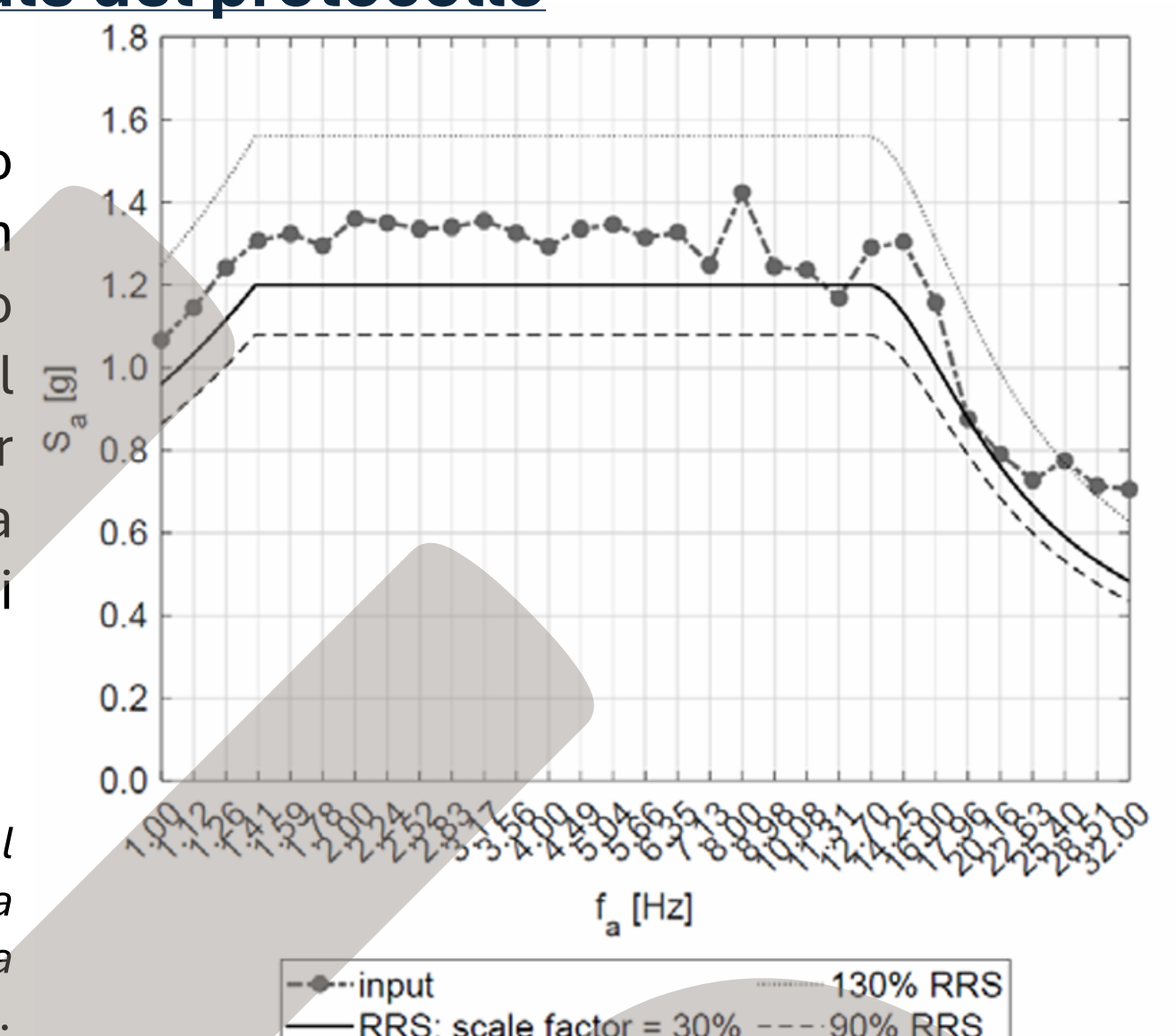


Figura 1 - Spettro di risposta sviluppato (Zito et al., 2022a) come involucro degli spettri valutati in accordo alla normativa tecnica italiana (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2019); smorzamento posto pari al 5% dello smorzamento critico.

2. Applicazione sperimentale del protocollo

❖ Il protocollo di prova è stato testato sperimentalmente con prove su tavola vibrante, presso il laboratorio Prove del Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura (Università degli Studi di Napoli Federico II).

Figura 3 - Spettro-compatibilità del segnale registrato: risultati della prova a tavola vuota condotta con scalatura del segnale pari al 30%.



3. Affidabilità del protocollo e fattori di sicurezza

❖ L'affidabilità del protocollo Zito et al. e di altri protocolli di riferimento internazionali è stata valutata con riferimento al caso studio degli elementi non strutturali sensibili alle accelerazioni modellabili come sistemi single-degree-of-system (SDOF) con comportamento elasto-plastico (D'Angela et al., 2024).

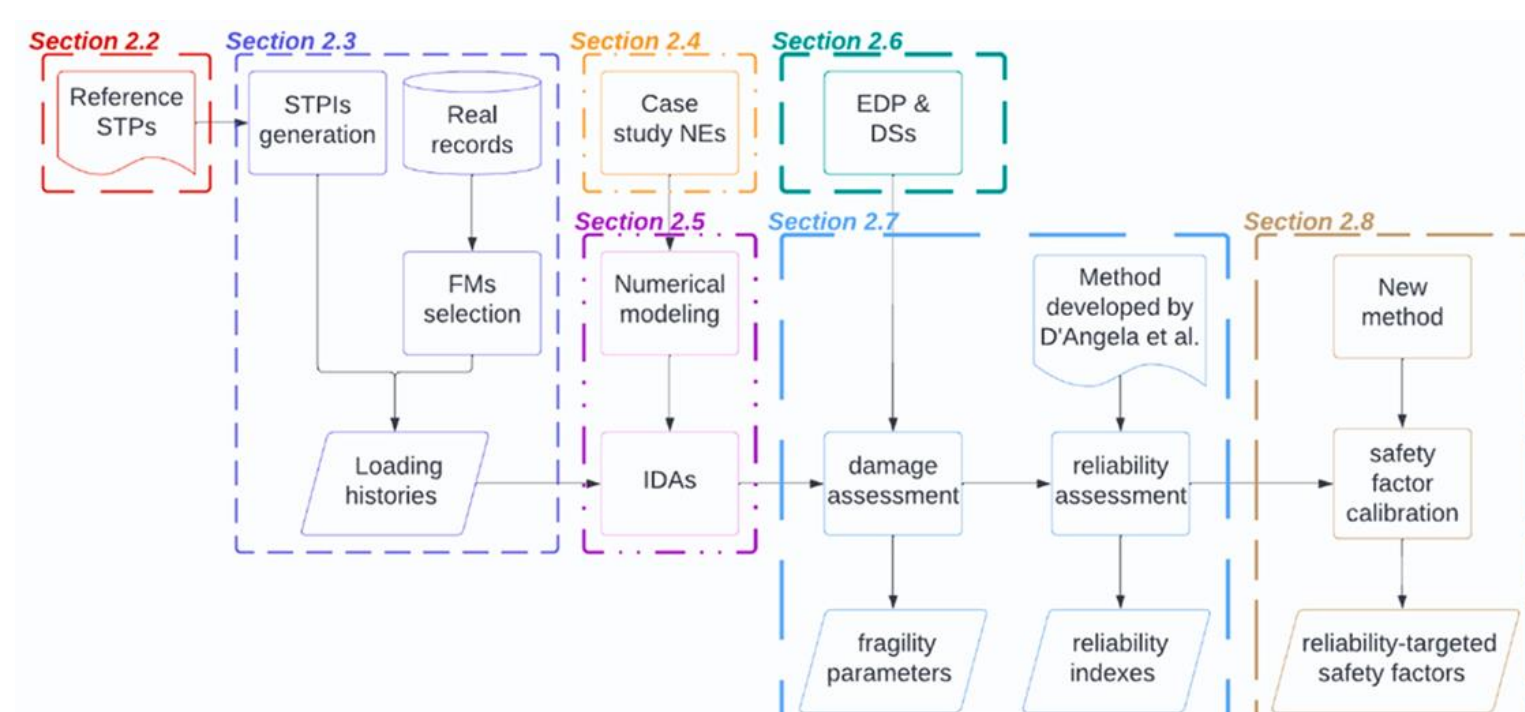


Figura 4 - Percorso metodologico relativo alla valutazione dell'affidabilità dei protocolli di qualificazione sismica e alla stima dei fattori di sicurezza.

❖ Le risultanze dimostrano che il protocollo Zito et al. è associato ad un livello di affidabilità relativamente compatibile con soglie associate ad affidabilità ottimale.

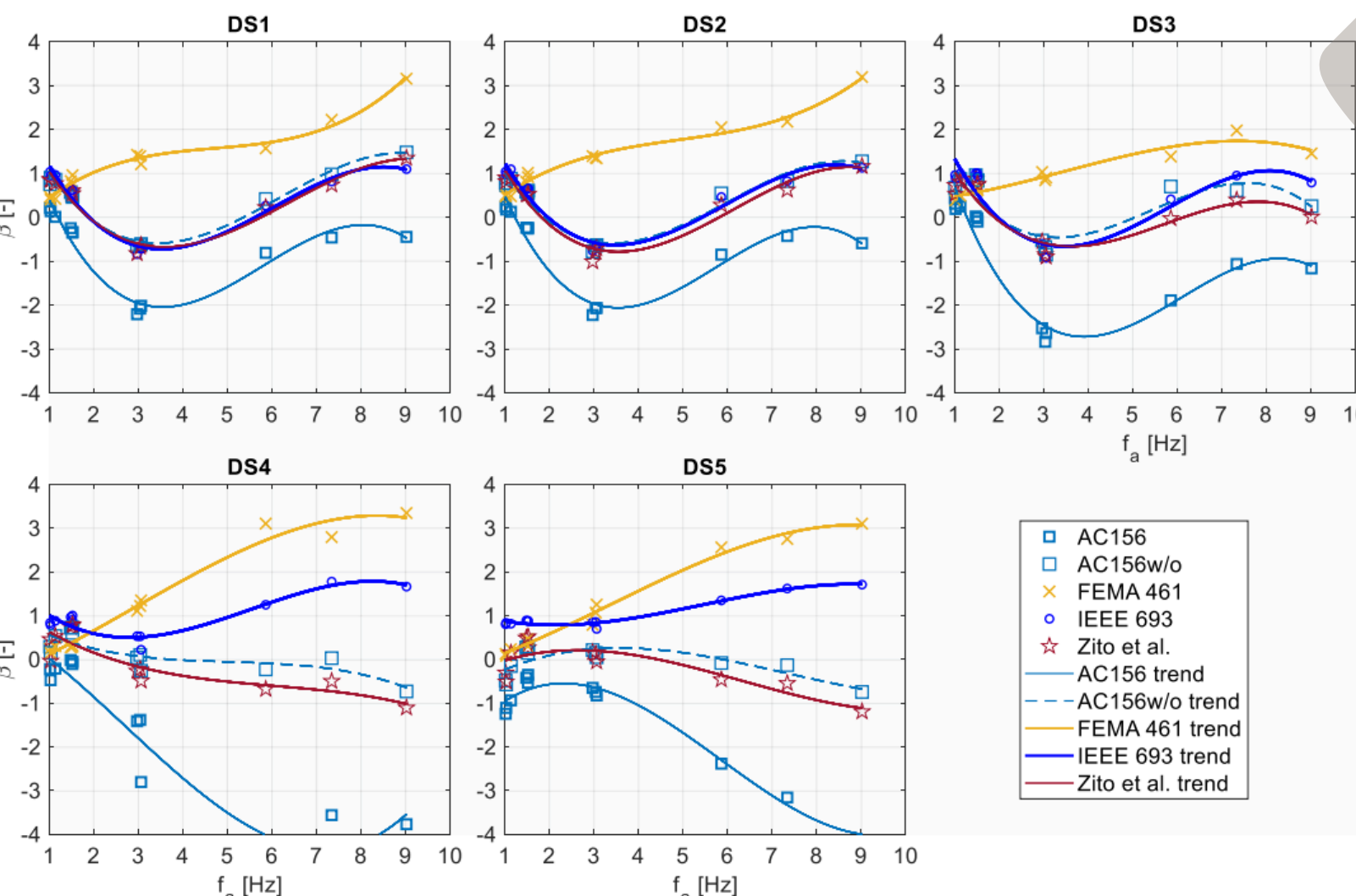


Figura 5 - Indici di affidabilità (β) relativi ai protocolli di riferimento, incluso il protocollo Zito et al., espressi in funzione della frequenza elastica degli elementi non strutturali investigati (f_a), corrispondenti agli stati di danno (damage states, DS) considerati.

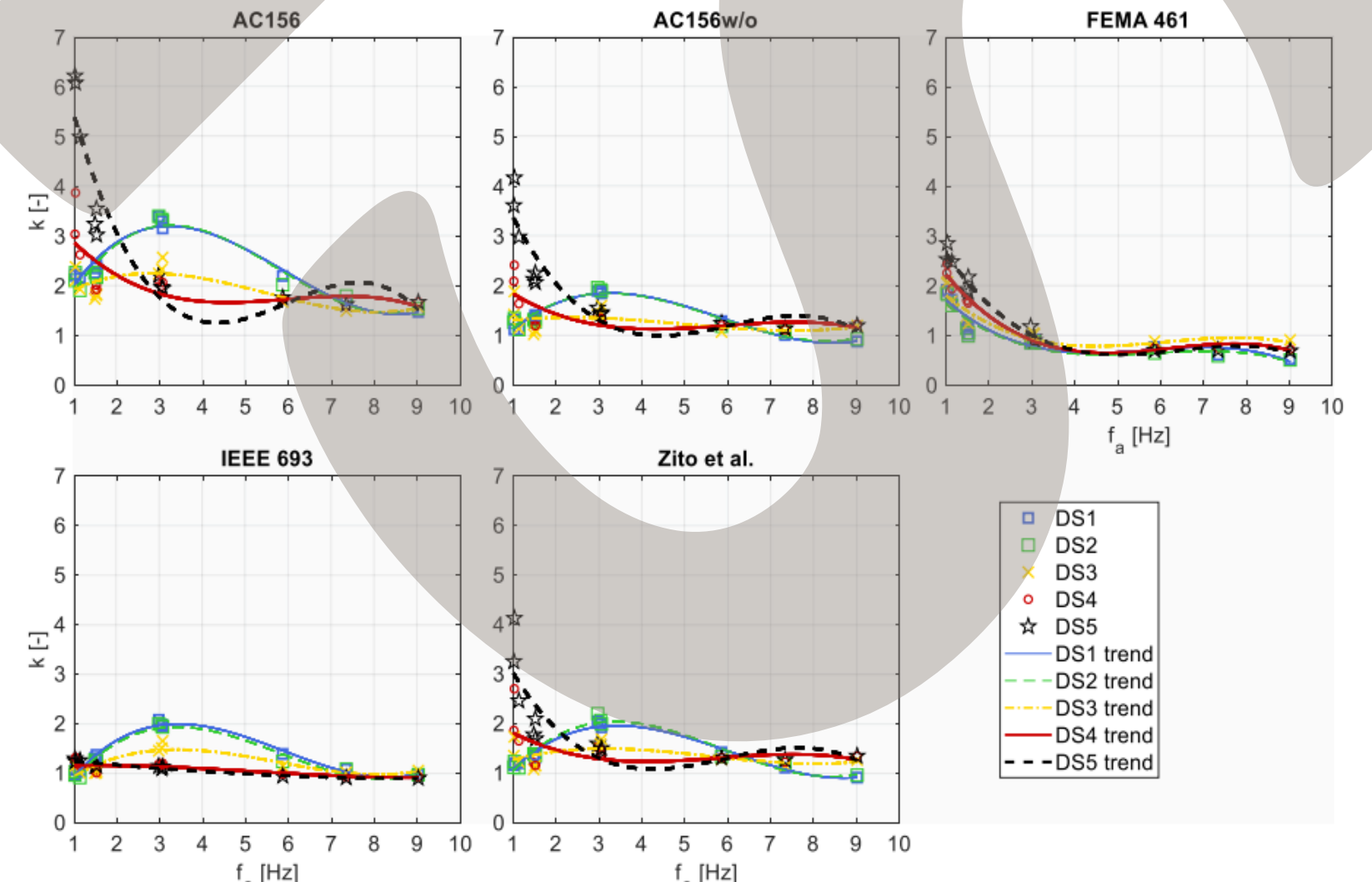


Figura 6 - Fattori di sicurezza (k) relativi ai protocolli di riferimento, incluso il protocollo Zito et al., espressi in funzione della frequenza elastica degli elementi non strutturali investigati (f_a), corrispondenti agli stati di danno (damage states, DS) considerati.

Riferimenti:

- Zito, M., D'Angela, D., Maddaloni, G., Magliulo, G., 2022a. A shake table protocol for seismic assessment and qualification of acceleration-sensitive nonstructural elements. Computer aided Civil Eng mice.12951. <https://doi.org/10.1111/mice.12951>
- D'Angela, D., Magliulo, G., Di Salvatore, C., Zito, M., 2024. Seismic assessment and qualification of acceleration-sensitive nonstructural elements through shake table testing: reliability of testing protocols and reliability-targeted safety factors. Eng. Struct. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.117271>
- Magliulo, G., D'Angela, D., 2024. Seismic response and capacity of inelastic acceleration-sensitive nonstructural elements subjected to building floor motions. Earthq. Eng. Struct. Dyn. eqe.4080. <https://doi.org/10.1002/eqe.4080>
- Magliulo, G., Zito, M., D'Angela, D., 2024. Dynamic identification and seismic capacity of an innovative cleanroom with walkable ceiling system. Bull. Earthq. Eng. 22, 3287-3321. <https://doi.org/10.1007/s10518-024-01895-z>