

Regione Lazio

Atti della Giunta Regionale e degli Assessori

Deliberazione 13 luglio 2023, n. 369

Revoca della DGR 192/2022. Approvazione del documento "Utilizzo degli accelerogrammi di riferimento per il livello 3 di Microzonazione Sismica" Modifica alla DGR 545/2010 e s. m. i.

OGGETTO: Revoca della DGR 192/2022. Approvazione del documento “Utilizzo degli accelerogrammi di riferimento per il livello 3 di Microzonazione Sismica” Modifica alla DGR 545/2010 e s. m. i.

LA GIUNTA REGIONALE

Su proposta dell'Assessore Mobilità, Trasporti, Tutela del Territorio, Ciclo dei rifiuti, Demanio e Patrimonio

VISTO lo Statuto della Regione Lazio;

VISTA la legge regionale 18 febbraio 2002, n. 6 concernente “Disciplina del sistema organizzativo della Giunta e del Consiglio e disposizioni relative alla dirigenza ed al personale regionale” e successive modifiche e integrazioni;

VISTO il regolamento regionale 6 settembre 2002, n. 1 recante “Regolamento di organizzazione degli uffici e dei servizi della Giunta regionale” e successive modifiche e integrazioni;

VISTO il decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 “Testo unico per l'edilizia”;

VISTO il decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 concernente “Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”;

VISTA la deliberazione di Giunta regionale 22 maggio 2009, n. 387 recante “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 e della D.G.R. 766/2003”;

VISTA la deliberazione di Giunta regionale 3 novembre 2009, n. 835 recante “Rettifica all'Allegato 1 della D.G.R. Lazio 387 del 22 maggio 2009” che ha modificato le zone sismiche di cinque Comuni del Lazio;

VISTA la deliberazione di Giunta regionale 26 novembre 2010, n. 545 recante “Linee guida per l'utilizzo degli indirizzi e criteri generali negli studi di Microzonazione sismica nella Regione Lazio in applicazione alla DGR 387 del 22/05/2009. Estensione dell'applicabilità dell'art.89 del DPR 380/2001 e della DGR Lazio n.2649/99”;

VISTA la deliberazione di Giunta regionale 2 novembre 2012, n. 535 recante “Modifiche alla DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010 e alla DGR Lazio n. 490 del 21 ottobre 2011”;

VISTA la deliberazione di Giunta regionale del 23/07/2019, n. 493 avente ad oggetto la “Modifica alla deliberazione di Giunta regionale 22 maggio 2009 n. 387 concernente Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03, come modificata dalla deliberazione di Giunta regionale 17 ottobre 2012, n. 489”;

VISTA la deliberazione di Giunta regionale 7 aprile 2020 n. 155 recante “Revoca della deliberazione di Giunta regionale 21 ottobre 2011, n. 490 - Approvazione degli Abachi Regionali per gli studi di Livello 2 di Microzonazione Sismica e delle procedure di applicazione nell'ambito dell'espressione del parere ai sensi dell'art. 89 del DPR del 6 giugno 2001 n. 380”;

VISTO il Regolamento regionale del 26 ottobre 2020, n. 26 recante “Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche;

CONSIDERATO che nell'art.5 e nell'allegato C del regolamento regionale 26/2020 viene richiamata frequentemente l'analisi di Risposta Sismica Locale per gli studi finalizzati alla progettazione delle opere di classe III e IV e per situazioni sismo-stratigrafiche e morfologiche particolari;

VISTA la L.R. del 18/12/2018 n.12 recante "Disposizioni in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico. Ulteriori disposizioni per la semplificazione e l'accelerazione degli interventi di ricostruzione delle aree colpite dagli eventi sismici del 2016 e successivi";

CONSIDERATO che, in particolare, l'art.2 della L.R. 12/2018 riporta che la "[...] Regione, anche in collaborazione con gli enti locali e attraverso intese con le università, gli enti di ricerca e gli ordini professionali: a) promuove, svolge ed incentiva lo studio e l'analisi sui fattori di rischio sismico del territorio [...]";

VISTA la deliberazione di Giunta regionale del 29/05/2020, n. 312 recante "Approvazione dei Criteri e modalità per il finanziamento ai singoli comuni e per le indagini e rilievi da eseguire per realizzazione dello studio di microzonazione sismica di livello 3" ai sensi dell'art. 2, comma 2, della L.R. 18 dicembre 2018 n. 12;

CONSIDERATO che la Regione Lazio, a seguito degli ultimi eventi sismici che hanno interessato l'Italia Centrale, e considerata la convenzione del 2009 con l'ENEA riguardante "l'Analisi della sismicità regionale ai fini dell'individuazione di classi di comuni con situazioni omogenee di scuotibilità in occasione di eventi sismici", ha ritenuto utile aggiornare la selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche;

VISTA la determinazione n. G12728/2020, con la quale si approva l'Accordo di Cooperazione tra la Regione Lazio ed ENEA - Agenzia Nazionale per le nuove Tecnologie, l'energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile - riguardante "L'aggiornamento della selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche nella Regione Lazio";

VISTA la deliberazione della Giunta regionale 12 aprile 2022, n. 192 con la quale sono state approvate le Linee Guida per l'utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica e di Risposta Sismica Locale, sostituendo il paragrafo 10 dell'allegato A alla DGR 545/2010;

VISTA la nota prot. 0297634 del 16/03/2023 con la quale l'ENEA ha trasmesso la Revisione del Rapporto Conclusivo sulle attività svolte";

CONSIDERATO che nel documento trasmesso da ENEA emerge che, per alcuni nodi, le ordinate spettrali dello spettro di riferimento del sub-cluster risultavano inferiori ai valori dello spettro di riferimento al sito di interesse, al di fuori dei limiti imposti dalla normativa vigente (Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»);

CONSIDERATO, in particolare che, in riferimento allo scarto tra lo spettro di riferimento calcolato per ogni sub-cluster, mediante il quale è stata eseguita la selezione dei gruppi di registrazioni accelerometriche, e gli spettri UHS dei nodi della griglia INGV afferenti allo stesso sub-cluster, è stato verificato che per alcuni nodi non è riscontrata la condizione di compatibilità spettrale prevista dalla normativa tecnica NTC 2018 secondo la quale la media dei valori di accelerazione spettrale degli accelerogrammi selezionati non deve eccedere lo spettro UHS per un valore oltre il 10% in difetto o il 30% in eccesso;

CONSIDERATO, pertanto, che il documento inviato dall'ENEA in data 16 marzo 2023 con prot. 0297634 affronta e risolve la problematica sopra riportata e che applicando un Fattore di Scala addizionale è possibile far rientrare la media dei valori di accelerazione spettrale degli accelerogrammi selezionati entro i limiti di compatibilità spettrale stabiliti dalla normativa;

RITENUTO per una migliore prevenzione del rischio sismico in fase di redazione degli studi di Livello 3 di Microzonazione sismica, di sostituire il paragrafo 10 “Utilizzo degli Accelerogrammi di Riferimento per il Livello 3 di Microzonazione Sismica” dell’allegato A alla deliberazione della Giunta regionale 26 novembre 2010, n. 545 con il documento aggiornato trasmesso dall’ENEA, di cui all’Allegato A quale parte integrante e sostanziale alla presente deliberazione, in data 16 marzo 2023, prot. 0297634;

RITENUTO, di conseguenza, necessario revocare la deliberazione di Giunta Regionale 12 aprile 2022, n. 192 recante “Approvazione delle *"Linee Guida per l'utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica e di Risposta Sismica Locale"*. Modifica alla D.G.R. n. 545/2010 e s.m.i.”;

DATO ATTO che la presente deliberazione non comporta oneri a carico del bilancio regionale;

DELIBERA

per le motivazioni di cui in premessa e che qui si intendono integralmente richiamate:

1. di revocare la deliberazione della Giunta Regionale 12 aprile 2022, n. 192 recante “Approvazione delle *"Linee Guida per l'utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica e di Risposta Sismica Locale. Modifica alla D.G.R. n. 545/2010 e s.m.i."*;
2. di approvare l’allegato A, parte integrante e sostanziale alla presente deliberazione, “Utilizzo degli Accelerogrammi di riferimento per il livello 3 di Microzonazione Sismica” che modifica e sostituisce il paragrafo 10 dell’allegato A alla deliberazione della Giunta regionale 26 novembre 2010, n. 545 e s. m. i.

La struttura regionale competente in materia provvederà all’adozione di tutti gli atti necessari all’attuazione della presente deliberazione.

La presente deliberazione sarà pubblicata sul BUR Lazio e sul sito Web della Regione Lazio.



**Direzione regionale Lavori Pubblici, Stazione Unica Appalti,
Risorse Idriche e Difesa del Suolo**

Area Tutela del Territorio - Servizio Geologico e Sismico Regionale

Allegato A

**UTILIZZO DEGLI ACCELEROGRAMMI DI RIFERIMENTO PER IL
LIVELLO 3 DI MICROZONAZIONE SISMICA**

con la collaborazione scientifica di



Accordo di collaborazione istituzionale REGIONE LAZIO - ENEA (2020) finalizzato allo svolgimento di attività per la mitigazione del rischio sismico del territorio regionale del Lazio – *“Aggiornamento della selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche nella Regione Lazio”*.

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	SINTESI METODOLOGICA	3
3.	DESCRIZIONE ED USO DEI RISULTATI	6
4.	VERIFICA DEI RISCONTRI ALL'USO DEGLI ACCELEROGRAMMI DISTRIBUITI CON "CAEsAR" versione 1.0.2 DA PARTE DEI PROFESSIONISTI	8
5.	DISTRIBUZIONE DEI RISULTATI: AGGIORNAMENTO DELL'APPLICATIVO "CAEsAR – hazard CompAtible Earthquake Accelerometric Records" versione 1.1.0	10
6.	ORGANIZZAZIONE DEI DATI DISTRIBUITI	14
7.	ESEMPIO DI UTILIZZO DEGLI ACCELEROGRAMMI REGIONALI COME INPUT PER MODELLAZIONE NUMERICA CON IL PROGRAMMA "STRATA"	17
8.	AVVERTENZA FINALE	22

LINEE GUIDA DI UTILIZZO DEGLI ACCELEROGRAMMI DI RIFERIMENTO
PER L'UTILIZZO NELLE ANALISI NUMERICHE PER GLI STUDI DI LIVELLO 3 DI
MICROZONAZIONE SISMICA E PER LA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Versione 1.1.0

1. INTRODUZIONE

Vengono resi disponibili dalla Regione Lazio (nella versione 1.1.0 aggiornata nel Febbraio 2023) gli accelerogrammi di riferimento (*di seguito accelerogrammi regionali*) per il loro utilizzo in applicazioni tecniche nel territorio regionale. Per applicazioni tecniche si intendono principalmente le analisi di Livello 3 di Microzonazione Sismica (MS3) e gli studi di Risposta Sismica Locale (RLS) condotti mediante metodi numerici. Con i dovuti accorgimenti, questi accelerogrammi regionali consentono di ottenere risultati confrontabili per tutto il territorio regionale. La selezione degli accelerogrammi regionali è stata condotta da ENEA nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Istituzionale con Regione Lazio¹. La descrizione dettagliata delle metodologie adottate e dei risultati ottenuti durante le diverse fasi dello studio è contenuta nel Rapporto conclusivo² redatto da ENEA e consegnato a Regione Lazio al termine delle attività. La successiva verifica dei riscontri ottenuti dai professionisti rispetto all'utilizzo dei gruppi di registrazioni accelerometriche selezionate, ha condotto alla revisione da parte di ENEA dei loro criteri di compatibilità spettrale rispetto ai vincoli imposti dalla Normativa tecnica vigente, i cui risultati sono descritti nella revisione del Rapporto conclusivo³ e nella presente nuova versione delle Linee Guida.

2. SINTESI METODOLOGICA

Lo studio condotto da ENEA^{2,3} si è basato su tecniche di *unsupervised machine learning* della pericolosità sismica di base del territorio regionale⁴ e sull'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica⁵.

L'analisi di disaggregazione è stata condotta al fine di valutare gli scenari sismici con maggior influenza sulla pericolosità sismica per due periodi di ritorno (RP) 475 e 2475 anni, ovvero per due probabilità di eccedenza (Pe) del parametro di scuotimento selezionato pari al 10% in 50 anni e 2% in 50 anni. Il parametro di scuotimento selezionato per l'analisi è l'ordinata dello spettro di risposta elastico in accelerazione al 5% di smorzamento (di seguito Sa[T] o spettro di risposta) per i periodi di oscillazione (T) 0.2 s e 1.0 s. I due valori di RP sono stati selezionati con riferimento agli stati limite ultimi nei confronti dell'azione sismica, così come definiti nella normativa tecnica di riferimento (NTC 2018⁶), mentre i due periodi di oscillazione sono stati selezionati in quanto la disaggregazione, per le ordinate spettrali a tali periodi, è rappresentativa del contributo degli scenari sismici rispettivamente ai corti-medi periodi e medio-lunghi periodi. Inoltre, tali valori di periodo di oscillazione sono prossimi ai limiti identificati per il calcolo dei fattori di amplificazione dello scuotimento (0.1 s - 1.1 s) nelle linee guida per la realizzazione

¹ Accordo di collaborazione Istituzionale REGIONE LAZIO - ENEA finalizzato allo svolgimento di attività per la mitigazione del rischio sismico del territorio regionale del Lazio. Determinazione n°G12728 del 30/10/2020.

² ENEA (2022). Aggiornamento della selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche nella Regione Lazio. Rapporto conclusivo per Regione Lazio.

³ ENEA (2023). Aggiornamento della selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche nella Regione Lazio. Revisione del Rapporto conclusivo per Regione Lazio.

⁴ Gruppo di Lavoro MPS, (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

⁵ Barani S., Spallarossa D. & Bazzurro P. (2009). Disaggregation of Probabilistic Ground-Motion Hazard in Italy. BSSA, 99 (5), pp. 2638-2661. doi: 10.1785/0120080348.

⁶ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (NTC), (2018). Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018, Supplemento ordinario alla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018.

degli studi di microzonazione sismica (ICMS08⁷, aggiornamento ICMS 2011⁸, Standard 4.2⁹).

Per ciascuno dei due RP (o Pe) selezionati, i valori dello spettro ad *hazard* uniforme (UHS) disponibili per ciascun nodo della griglia di calcolo incluso nel territorio regionale, calcolati e distribuiti da INGV (MPSO4⁴), sono stati utilizzati per l'analisi di *spectral clustering* con cui è stato possibile ottenere una mesozonazione sismica del territorio regionale in 5 *cluster* ed un numero di *sub-clusters* variabile a seconda del RP considerato: nello specifico 8 *sub-clusters* per RP=475 anni e 10 *sub-clusters* per RP=2475 anni (Fig. 1). Per un approfondimento della metodologia utilizzata nella definizione dei *cluster* e dei *sub-clusters* si rimanda al Rapporto conclusivo sulle attività condotte da ENEA^{2,3}.

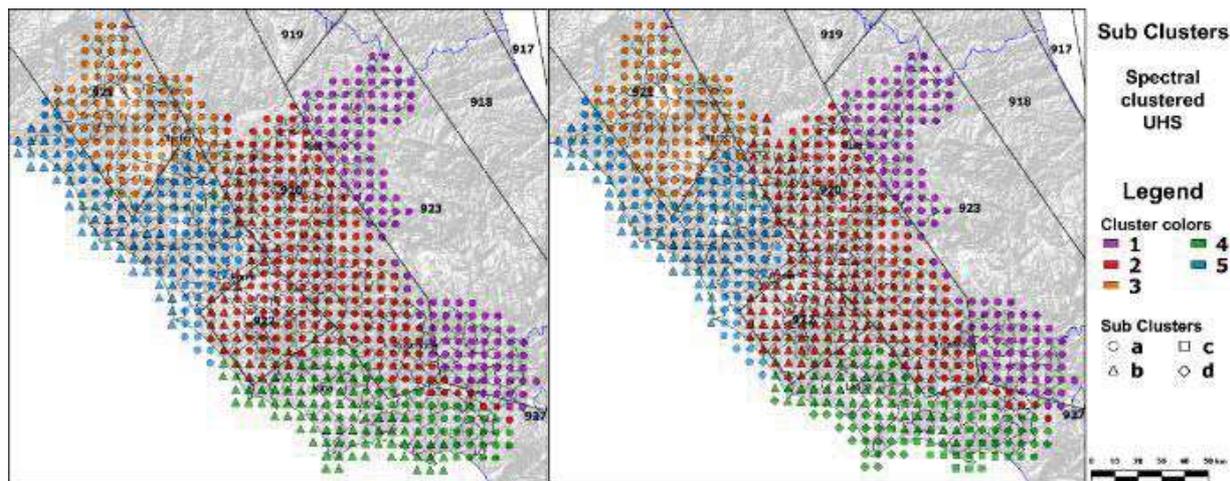


Figura 1: Distribuzione dei sub-clusters individuati mediante l'analisi della pericolosità sismica di base regionale; a sinistra per RP=475 anni, a destra per RP=2475 anni.

In ciascun *sub-cluster*, la pericolosità sismica può essere considerata omogenea e per ciascuno di essi è stato selezionato un UHS (Spettro ad Hazard Uniforme) di riferimento. Per ciascun *sub-cluster* e per ciascun periodo di oscillazione T, i dati ottenuti dall'analisi di disaggregazione sono stati successivamente aggregati al fine di determinare gli scenari maggiori contributori alla pericolosità sismica individuati da intervalli di magnitudo M e distanza R dello scenario. Tali dati sono stati utilizzati per selezionare insiemi di accelerogrammi regionali sulla base della compatibilità spettrale delle registrazioni rispetto al UHS di riferimento. Tutti gli accelerogrammi inclusi nell'analisi, ricavati interrogando alcune delle principali banche dati accelerometriche (DB) internazionali (in particolare ESM¹⁰, PEER¹¹ e NIED¹²) sono riferiti a registrazioni ottenute per stazioni su roccia in condizioni di *free-field* e la compatibilità spettrale rispetta i vincoli determinati nella normativa tecnica vigente, ovvero massimo scarto tra UHS e spettro di risposta medio dell'insieme degli accelerogrammi selezionati compreso nell'intervallo $-10\% \div +30\%$ per l'intervallo di periodi T compreso tra 0.1 s - 1.5 s. In alcuni casi, la verifica di compatibilità spettrale ha reso necessario scalare linearmente gli spettri di risposta.

Si evidenzia che l'analisi di disaggregazione ha reso possibile determinare come, per diverse aree del

⁷ Gruppo di Lavoro ICMS, (2008). Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome. Dipartimento della Protezione Civile 3 (1). <http://www.protezionecivile.gov.it/>

⁸ Aggiornamento agli ICMS, Autori vari (2011). Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 - 2011.

⁹ Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Standard 4.2, 2020). Microzonazione sismica, Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Versione 4.2. Roma, dicembre 2020.

¹⁰ Luzi L., Lanzano G., Felicetta C., D'Amico M. C., Russo E., Sgobba S., Pacor, F., & ORFEUS Working Group 5 (2020). Engineering Strong Motion Database (ESM) (Version 2.0). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/ESM.2>

¹¹ PEER NGA-West2: Shallow Crustal Earthquakes in Active Tectonic Regimes. <http://peer.berkeley.edu/ngawest2/>

¹² National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (2019), NIED K-NET, KiK-net, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, doi:10.17598/NIED.0004

territorio regionale, la distribuzione dei contributi alla pericolosità sismica fornita dai possibili scenari sismici abbia carattere multimodale. Questa caratteristica è funzione del periodo di ritorno RP considerato e dell'ordinata dello spettro di risposta analizzata, ovvero del periodo di oscillazione T. Tra gli aspetti maggiormente innovativi dello studio ENEA^{2,3}, vi è il fatto che l'analisi ha tenuto conto di questa particolare caratteristica includendo nella selezione delle registrazioni solo quelle relative ad intervalli di magnitudo e distanza con un contributo alla pericolosità sismica al di sopra di una predeterminata soglia (in generale 1% per RP=475 anni e compresa tra 0.5% e 0.1% per RP=2475 anni). Pertanto, per ogni RP e *sub-cluster* considerati, la selezione ha previsto l'individuazione di due gruppi o *set* di accelerogrammi: uno selezionato in funzione dei risultati della disaggregazione per $S_a[T=0.2s]$ ed uno selezionato in funzione dei risultati della disaggregazione per $S_a[T=1.0s]$. Ogni gruppo o *set* di accelerogrammi è composto da un numero di 7 segnali accelerometrici relativi alle componenti orizzontali del moto. Laddove è stato necessario scalare linearmente gli spettri di risposta per la verifica di compatibilità spettrale con UHS di riferimento, i corrispondenti accelerogrammi (accelerogrammi scalati) sono stati selezionati in maniera tale che il fattore di scala (SF) medio di ogni gruppo di spettri di risposta non ecceda in nessun caso il valore SF = 5.

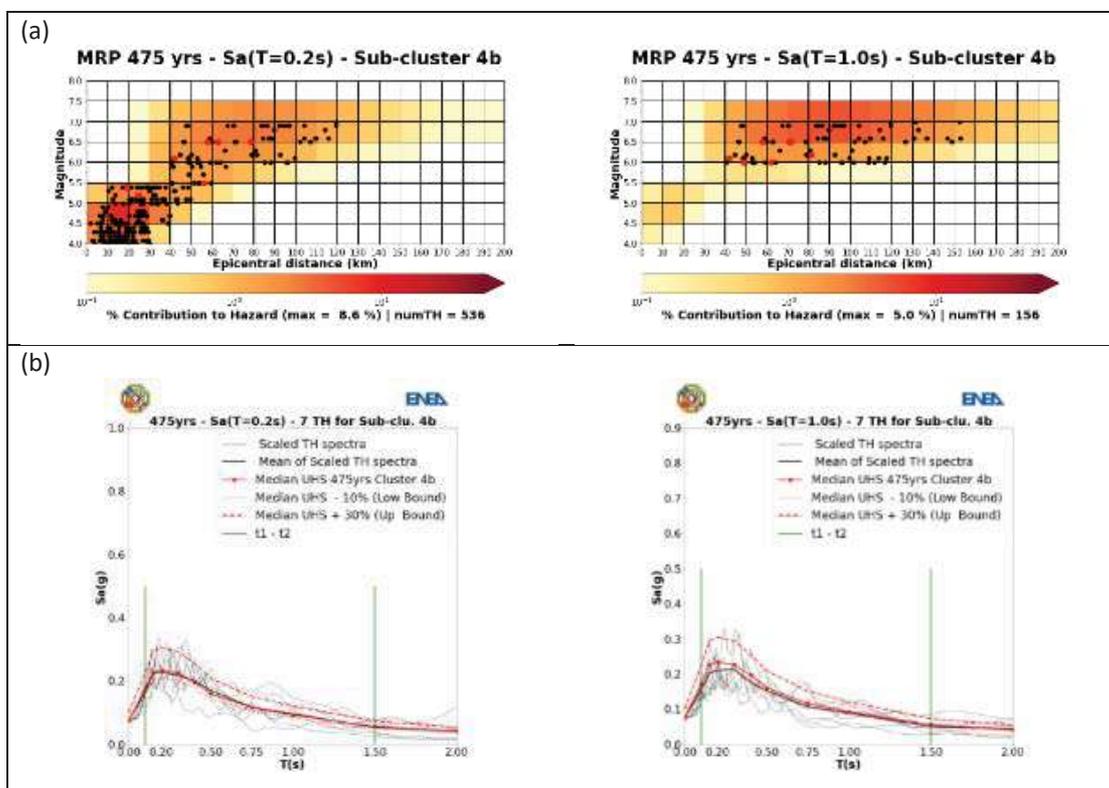


Figura 2: Valutazione degli scenari sismici che controllano la pericolosità sismica per RP=475 anni e conseguente selezione degli accelerogrammi di riferimento per il sub-cluster 4b. (a) PMF congiunta di magnitudo e distanza per $S_a[T=0.2s]$ (sinistra) e $S_a[T=1.0s]$ (destra): i pallini neri rappresentano le registrazioni accelerometriche relative a M-R coerenti con gli scenari sismici con maggior contributo alla pericolosità sismica, i pallini rossi rappresentano le registrazioni selezionate. (b) spettri di risposta per le 7 registrazioni selezionate (in grigio), media delle loro ordinate spettrali (in nero) e UHS di riferimento per il sub-cluster (linea rossa continua), con gli scarti in difetto ed eccesso ammessi dalla Normativa (linee rosse puntinate e tratteggiata).

3. DESCRIZIONE ED USO DEI RISULTATI

Le NTC 2018⁶ e la relativa Circolare¹³ consentono l'utilizzo di registrazioni di eventi naturali nelle applicazioni tecniche a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata. Gli accelerogrammi devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta elastici di riferimento nel campo di periodi di interesse per il problema in esame. Per le analisi dinamiche dei "sistemi geotecnici" (terreno-fondazione), per le analisi di risposta sismica locale e per l'instabilità del versante, la normativa tecnica impone l'utilizzo di minimo 7 accelerogrammi (NTC 2018 § 7.11.3.5.2).

Pertanto, gli accelerogrammi regionali selezionati nell'ambito dello studio ENEA^{2,3} soddisfano i requisiti sopra citati e possono essere utilizzati per le applicazioni tecniche nel territorio della Regione Lazio. In particolare, si prevede che gli accelerogrammi regionali siano utilizzati dal Soggetto Realizzatore per l'esecuzione di simulazioni numeriche della RSL e per la MS3, come *input* sismico da riportare al substrato rigido con le opportune tecniche di deconvoluzione, da descrivere nella relazione illustrativa dell'attività svolta dal Soggetto Realizzatore.

Poiché l'analisi di disaggregazione ha evidenziato come la pericolosità sismica, in alcuni territori compresi nel Lazio, possa essere controllata da scenari sismici anche molto diversi tra loro in funzione dei parametri RP e Sa(T), si rendono disponibili due selezioni di accelerogrammi ottenuti considerando i risultati della disaggregazione in funzione di Sa[T=0.2s] e Sa[T=1.0s]. In Fig. 2 viene mostrato, come esempio, il risultato della selezione per il sub-cluster 4b per RP=475 anni. Ricordando che il contributo alla pericolosità sismica di scenari sismici discreti caratterizzati da determinati intervalli di magnitudo, M, e distanza, R, è generalmente descritto in termini di funzione di massa di probabilità congiunta (PMF) delle variabili M-R, la Fig. 2a mostra il contributo alla pericolosità di scenari sismici discreti mediante le PMF (in scala di colore) per i due periodi di disaggregazione analizzati (a sinistra Sa[T=0.2s]; a destra Sa[T=1.0s]). Per Sa[T=0.2s] è possibile osservare come il contributo prevalente sia associato a scenari sismici con magnitudo basse (M<5.5) a distanze ridotte dal sito (R<40 Km) e solo subordinatamente a scenari con magnitudo maggiori (M>6) a distanze superiori a 40-50 Km (Fig. 2a, pannello di sinistra). Al contrario, per Sa[T=1.0s] il contributo degli scenari sismici discreti con magnitudo maggiori (M>6) a distanze superiori a 40-50 Km diventa prevalente rispetto a quello degli scenari sismici di bassa magnitudo e ridotta distanza dal sito (Fig. 2a, pannello di destra). In considerazione della marcata differenza negli scenari che presentano il maggior contributo alla pericolosità per i medio-corti e medio-lunghi periodi, il metodo proposto nel presente studio ha dapprima identificato, nella banca dati accelerometrica costituita ad hoc, le registrazioni corrispondenti agli scenari con contributo alla pericolosità sismica maggiore ad una predeterminata soglia (pallini neri in Fig. 2a) e successivamente selezionato le 7 registrazioni accelerometriche (pallini rossi in Fig. 2a) compatibili con lo spettro UHS di riferimento. Nella Fig. 2b sono rappresentati gli spettri di risposta elastici degli accelerogrammi selezionati per i due periodi di disaggregazione considerati (in grigio) e la loro media (in nero). Per visualizzare la compatibilità dei set di accelerogrammi con i limiti imposti dalla normativa vigente, nei grafici sono riportati in rosso lo spettro UHS di riferimento per il sub-cluster (linea continua) e lo scarto in difetto (pari al -10%, linea puntinata) ed in eccesso (pari al +30%, linea tratteggiata) ammesso dalle NTC 2018. Le due linee verticali verdi rappresentano i limiti dell'intervallo dei periodi propri di vibrazione all'interno del quale è verificata la compatibilità dei gruppi di accelerogrammi rispetto al UHS di riferimento per il sub-cluster.

In alcuni limitati casi, esclusivamente riferiti a RP=2475 anni, la selezione degli accelerogrammi ha comportato una ripetizione di dati nei due gruppi di selezione in funzione di Sa[T=0.2s] e Sa[T=1.0s]. In particolare, 1 identico accelerogramma è contenuto nei due gruppi di selezione per i *sub-clusters* 4c e 5b, mentre 3 accelerogrammi sono ripetuti nei due gruppi di selezione per il *sub-cluster* 4d. Appare utile

¹³ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circolare C.S.LL.PP.). Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (pubblicato sulla GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5)

rammentare che, anche in quest'ultimo caso, il *dataset* complessivo si compone di 11 accelerogrammi indipendenti su 14. Pertanto, per ciascun valore di RP e *sub-cluster*, si raccomanda di utilizzare entrambi i gruppi di accelerogrammi regionali nelle applicazioni tecniche, a meno che il Soggetto Realizzatore non ritenga di poter ragionevolmente trascurare gli scenari sismici che controllano la pericolosità sismica in una determinata classe di periodi (corti-medi periodi o medio-lunghi periodi) nell'applicazione specifica. La decisione di trascurare un particolare gruppo di accelerogrammi tra i due messi a disposizione deve essere giustificata dal Soggetto Realizzatore nella Relazione Illustrativa.

Nelle applicazioni di MS3, si potrebbe verificare il caso in cui la superficie di una singola microzona sismica ricada nell'ambito di due o più *sub-clusters*. In tale caso, si raccomanda l'utilizzo dei due gruppi di accelerogrammi (per Sa[T=0.2s] e Sa[T=1.0s]) selezionati per i diversi *sub-clusters*. In base ai risultati ottenuti, il Soggetto Realizzatore valuterà l'eventuale suddivisione della microzona precedentemente distinta in funzione della distribuzione spaziale dei *sub-clusters*.

TABELLA I

RP = 475 anni			RP = 2475 anni					
Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio						
1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.429	1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.988	5a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.966
1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	2.219	1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.832	5a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.623
2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.148	2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.079	5b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.757
2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.726	2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.635	5b Sa [T=1.0s]	0.1-1.5	4.817
2b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.888	2b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.216			
2b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.080	2b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.322			
3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	2.183	3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.412			
3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.968	3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.890			
4a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.047	4a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.754			
4a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.992	4a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.152			
4b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.915	4b Sa[T=0.2s]	0.3-1.5	4.461			
4b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.675	4b Sa[T=1.0s]	0.3-1.5	4.904			
5a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	4c Sa[T=0.2s]	0.3-1.5	3.243			
5a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.882	4c Sa[T=1.0s]	0.3-1.5	3.621			
5b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	4d Sa[T=0.2s]	0.3-1.5	4.372			
5b Sa [T=1.0s]	0.1-1.5	3.596	4d Sa[T=1.0s]	0.3-1.5	4.704			

In Tabella I sono sintetizzate le informazioni relative ai diversi gruppi di accelerogrammi selezionati per i due tempi di ritorno (RT = 475 e 2475 anni) e per i *sub-cluster* individuati per il territorio regionale, ad esclusione delle isole: in particolare sono evidenziati gli intervalli dei periodi spettrali entro cui relativi gruppi di accelerogrammi soddisfano i requisiti di compatibilità spettrale rispetto allo spettro UHS di riferimento. A tale proposito, si rammenta in questa sede come la normativa tecnica vigente preveda che, nell'utilizzo degli accelerogrammi per applicazioni tecniche, vi sia sovrapposizione tra il campo dei periodi propri di vibrazione di interesse per la specifica applicazione e l'intervallo di periodi in cui è verificata la compatibilità spettrale. Come si può notare, per la selezione relativa a RP = 475 anni, gli accelerogrammi soddisfano i requisiti di compatibilità spettrale per l'intervallo di periodi compreso tra $t_1 = 0.1$ s e $t_2 = 1.5$ s. Considerazioni del tutto analoghe possono essere svolte per le selezioni relative a RP = 2475 anni, ad esclusione dei *sub-cluster* 4b, 4c e 4d (per Sa[T=0.2s] e Sa[T=1.0s]), per i quali l'intervallo di compatibilità spettrale delle selezioni è lo stesso del precedente.

TABELLA II

RP = 475 anni			RP = 2475 anni		
Codice	t_1-t_2 (s)	SF medio	Codice	t_1-t_2 (s)	SF medio
6a Ponza	0.1-1.0	1.000	6a Ponza	0.3-1.0	4.372
7a Ventotene	0.1-1.0	1.000	7a Ventotene	0.3-1.0	3.243

Per i Comuni di Ponza e Ventotene è stata condotta un'analisi specifica. Difatti, anche nella normativa tecnica vigente, queste aree sono state trattate separatamente rispetto al resto del territorio italiano. Per questi Comuni l'estensione del campo di periodi per i quali è verificata la compatibilità spettrale delle selezioni è limitato superiormente a $t_2 = 1.0$ s. Nello specifico (Tab. II), per questi Comuni (codificati con le sigle 6a per Ponza e 7a per Ventotene) e per entrambi i tempi di ritorno considerati è stato individuato un unico gruppo di accelerogrammi (sulla base dei risultati della disaggregazione in funzione di $S_a[T=0.2s]$) anziché due. Per il singolo gruppo di accelerogrammi selezionato, la compatibilità spettrale è verificata nell'intervallo di periodi $t_1 = 0.1$ e $t_2 = 1.0$ s per $RP = 475$ anni, mentre per $RP = 2475$ anni, la compatibilità dei gruppi di accelerogrammi selezionati è limitato all'intervallo di periodi $t_1 = 0.3$ e $t_2 = 1.0$ s.

Per il tempo di ritorno di 2475 anni, la selezione di accelerogrammi ottenuta per il *sub-cluster* 4d soddisfa i requisiti di compatibilità spettrale rispetto allo spettro di riferimento del Comune di Ponza, mentre la selezione di accelerogrammi ottenuta per il *sub-cluster* 4c soddisfa i requisiti di compatibilità spettrale rispetto allo spettro di riferimento del Comune di Ventotene. Pertanto ai Comuni di Ponza e Ventotene, sono stati associati i gruppi di accelerogrammi selezionati per i *sub-cluster* 4d e 4c.

4. VERIFICA DEI RICONTRI ALL'USO DEGLI ACCELEROGRAMMI DISTRIBUITI CON "CAEsAR" versione 1.0.2 DA PARTE DEI PROFESSIONISTI

Dopo la distribuzione nell'Aprile 2022 degli accelerogrammi di riferimento per la Regione Lazio (DGR n. 192 del 12 aprile 2022) mediante l'applicativo "CAEsAR" versione 1.0.2, è stato evidenziato il fatto che, per alcuni nodi appartenenti ai *sub-cluster*, le ordinate spettrali medie degli accelerogrammi selezionati sottostimano i valori degli spettri UHS, ponendosi quindi al di fuori dei limiti imposti dalla Normativa vigente⁶. Per l'approfondimento delle procedure di verifica e di calcolo, si rimanda alla Revisione del Rapporto conclusivo ENEA³.

Analizzando lo scarto tra lo spettro di riferimento calcolato per ogni *sub-cluster*, mediante il quale è stata eseguita la selezione dei gruppi di registrazioni accelerometriche, e gli spettri UHS dei nodi della griglia INGV afferenti allo stesso *sub-cluster* (vedi esempio in Fig. 3a), è stato verificato che per alcuni nodi non è verificata la condizione di compatibilità spettrale prevista dalla normativa tecnica secondo la quale la media dei valori di accelerazione spettrale degli accelerogrammi selezionati non deve eccedere lo spettro UHS per un valore oltre il 10% in difetto o il 30% in eccesso.

Calcolando il valore massimo degli scarti, positivi o negativi, per tutti i periodi di interesse dello spettro di riferimento, è stato possibile determinare un Fattore di Scala aggiuntivo mediante il quale è possibile far rientrare la media dei valori di accelerazione spettrale degli accelerogrammi selezionati entro i limiti di compatibilità spettrale stabiliti dalla Normativa (Fig. 3b). Il Soggetto Realizzatore verrà automaticamente informato della necessità o meno di applicare i Fattori di Scala aggiuntivi, attraverso l'uso della nuova versione 1.1.0 dell'applicativo "CAEsAR", secondo le modalità descritte nel seguente Paragrafo 5.

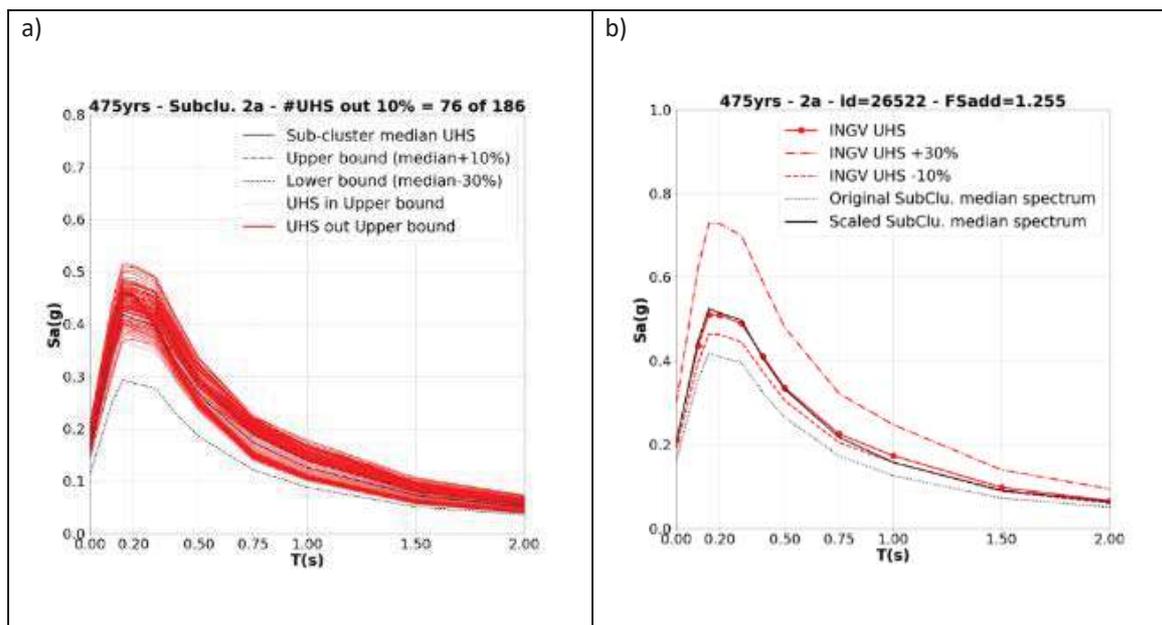


Figura 3: a) esempio di confronto tra gli spettri UHS dei nodi INGV relativi al modello di pericolosità sismica di base afferenti al *sub-cluster* 2a ed il relativo spettro di riferimento (linea nera) con i limiti di tolleranza superiore (+10%, linea nera tratteggiata) ed inferiore (-30%, linea nera puntinata); le linee rosa rispettano i criteri di compatibilità spettrale mentre quelle rosse presentano almeno una ordinata spettrale eccedente. b) Esempio di applicazione del Fattore di Scala aggiuntivo calcolato per uno dei nodi INGV, in modo da far rientrare lo spettro di riferimento del *sub-cluster* e, quindi, lo spettro medio delle registrazioni accelerometriche selezionate, all'interno dei limiti di compatibilità spettrale.

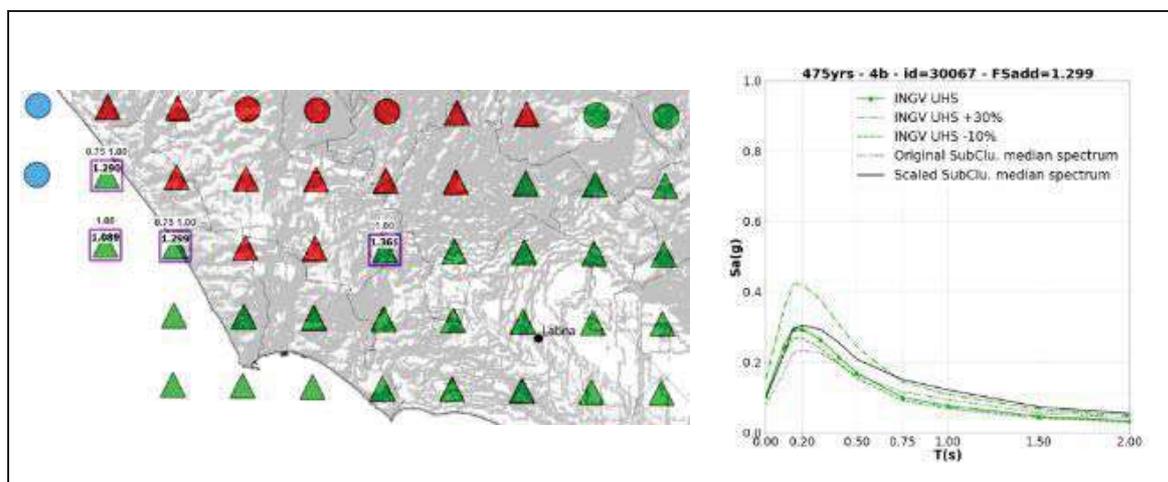


Figura 4: A sinistra stralcio della mappa con i punti per i quali l'applicazione dei Fattori di Scala aggiuntivi necessari per far rientrare lo spettro medio di riferimento del *sub-cluster* e, quindi, il set di registrazioni accelerometriche selezionate, all'interno del limite inferiore di tolleranza da Normativa vigente (-10%), comporta il superamento del limite superiore di tolleranza (+30%) per i periodi indicati in mappa (etichetta superiore dei punti); a destra esempi di grafici con le forme spettrali originali e scalate, confrontate con i limiti di compatibilità spettrale imposti dalla Normativa vigente.

In un limitato numero di casi, come nell'esempio mostrato in Fig. 4, l'applicazione del Fattore di Scala aggiuntivo necessario per far rientrare lo spettro medio di riferimento entro il limite inferiore dell'intervallo di tolleranza per la compatibilità spettrale previsto dalla Normativa vigente (-10%), comporta la sua traslazione verso l'alto in modo tale da superare, a partire da un certo periodo spettrale, il limite superiore (+30%). In questa situazione, la compatibilità spettrale richiesta dalla Normativa non può essere rispettata, almeno a partire da un determinato periodo di oscillazione T . Anche in questo caso, la nuova versione 1.1.0

dell'applicativo "CAEsAR" informerà automaticamente il Soggetto Realizzatore dell'occorrenza di queste situazioni, secondo le modalità descritte nel seguente Paragrafo 5.

Spetta al Soggetto Realizzatore la responsabilità di verificare se l'ampiezza degli scarti con i limiti massimi di tolleranza ed i periodi nei quali si verificano risultino accettabili relativamente allo specifico problema di interesse.

5. DISTRIBUZIONE DEI RISULTATI: AGGIORNAMENTO DELL'APPLICATIVO "CAEsAR – hazard Compatible Earthquake Accelerometric Records" versione 1.1.0

Per consentire al Soggetto Realizzatore l'utilizzo degli accelerogrammi di riferimento regionali, è stato sviluppato uno specifico applicativo "stand-alone" in ambiente *Microsoft Windows*. L'applicativo è costituito da un unico file eseguibile (.exe) e non necessita di alcuna procedura di installazione: l'utente potrà accedere alle funzionalità di *download* degli accelerogrammi di riferimento attraverso un doppio click sull'eseguibile e inserendo le informazioni richieste.

L'interfaccia grafica dell'applicativo si presenta come nella Fig. 5a.

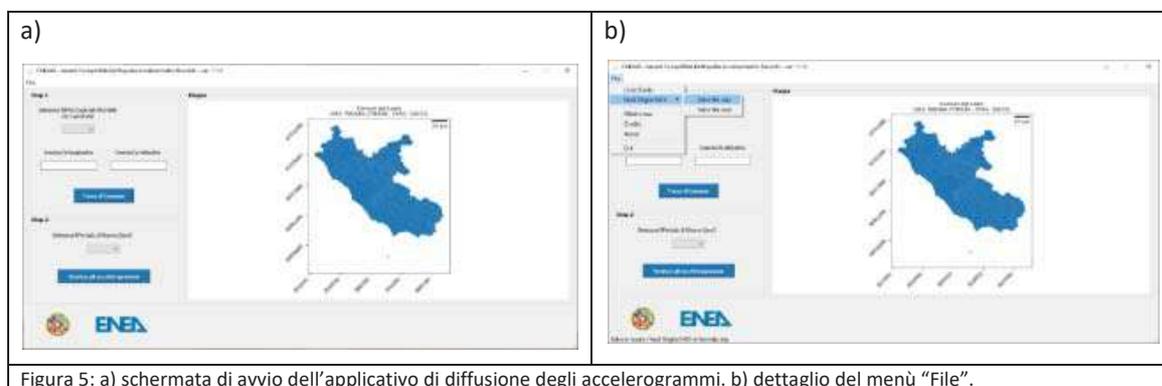


Figura 5: a) schermata di avvio dell'applicativo di diffusione degli accelerogrammi. b) dettaglio del menù "File".

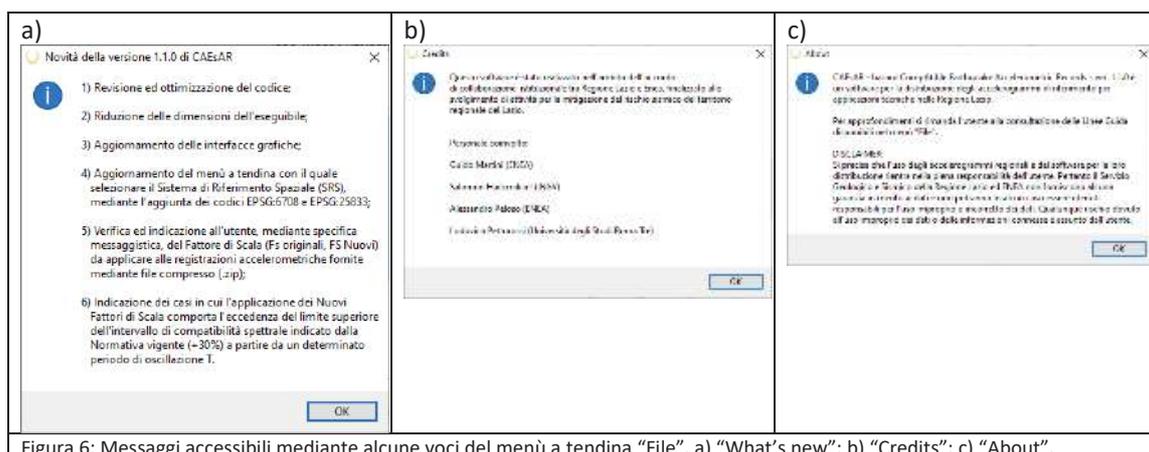


Figura 6: Messaggi accessibili mediante alcune voci del menù a tendina "File". a) "What's new"; b) "Credits"; c) "About".

Il menù "File" (Fig. 5b) permette di accedere a delle voci di sottomenù attraverso le quali è possibile:

- effettuare il salvataggio delle presenti Linee Guida in una cartella scelta dall'utente;
- effettuare il salvataggio dei nodi griglia INGV, sia in formato shapefile sia in formato kml, sempre in una cartella scelta dall'utente;

- accedere alla sintesi dei cambiamenti rispetto alla versione 1.0.2 ("What's new", Fig. 6a);
- accedere ai "Credits" (Fig. 6b);
- accedere alle informazioni sul software tramite la voce di menù "About" (Fig. 6c);
- uscire dall'applicativo.

L'interfaccia grafica è organizzata in tre sezioni:

- sezione "Step 1", attraverso la quale l'utente ha la possibilità di selezionare il Sistema di Riferimento Spaziale del punto di interesse, inserire le sue coordinate, nonché trovare il comune di appartenenza;
- sezione "Step 2", attraverso la quale è possibile scaricare gli accelerogrammi;
- sezione "Mappa", nella quale vengono mostrati i limiti amministrativi dei Comuni del Lazio e, una volta portati a termine gli Step 1 e 2, il Comune in cui ricade il punto di interesse, il punto selezionato (evidenziato in rosso) e il nodo più vicino della griglia INGV (evidenziato in verde).

NB: È importante eseguire le operazioni in successione, ossia completare lo Step 1 prima di passare allo Step 2.

La selezione degli accelerogrammi di interesse da parte del Soggetto Realizzatore avviene tramite un'analisi di prossimità tra il punto indicato dall'utente e i nodi della griglia INGV. In questo modo l'applicativo riconosce l'ID del nodo MPPS più vicino, il codice del *sub-cluster* di appartenenza e se, per rispettare i limiti di compatibilità spettrale imposti dalla Normativa, dovrà essere applicato ai gruppi di accelerogrammi selezionati un Fattore di Scala addizionale.

Nella sezione "Step 1" occorre prima di tutto selezionare il Sistema di Riferimento Spaziale (di seguito SRS) relativo alle coordinate che l'utente inserirà nel passaggio successivo. È possibile scegliere, tramite un apposito menu a tendina, uno dei seguenti SRS:

- WGS84, codice EPSG 4326;
- WGS84 UTM 33N, codice EPSG 32633;
- RDN2008 UTM 33N, codice EPSG 6708;
- ETRS89 UTM 33N, codice EPSG 25833.

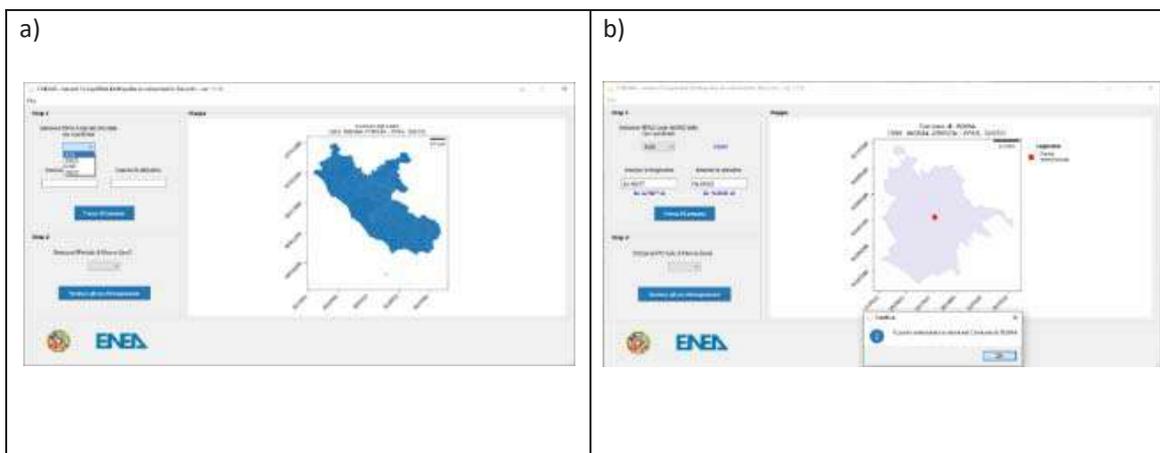


Figura 7: a) Selezione del sistema di riferimento spaziale. b) inserimento coordinate e identificazione del Comune di appartenenza del punto di interesse.

A seconda della scelta effettuata compariranno delle etichette: una indicherà il SRS selezionato e due riporteranno degli esempi di formato di latitudine e longitudine, relativi al SRS scelto dall'utente (Fig. 7a).

A questo punto bisogna digitare all'interno degli appositi spazi le coordinate di longitudine e latitudine, rispettando il formato indicato dagli esempi. Per concludere questa prima fase basta cliccare sul pulsante "Trova il Comune" per ottenere la localizzazione del punto di interesse in funzione del Comune di appartenenza. A seguito di questa operazione compare un messaggio di avviso, a conferma della buona riuscita dell'interrogazione, e un feedback visivo nella sezione "Mappa", in cui vengono rappresentati il punto di interesse (evidenziato in rosso) e il Comune all'interno del quale ricade (Fig. 7b).

Nel caso di inserimento di coordinate non conformi agli esempi indicati, vengono visualizzati degli avvisi che indicano all'utente di verificare quanto inserito.

Nel passo successivo ("Step 2"), l'utente può selezionare il "Periodo di ritorno" (RP) attraverso uno specifico menu a tendina che indica i valori "475" e "2475", così come riportato nella Fig.8.

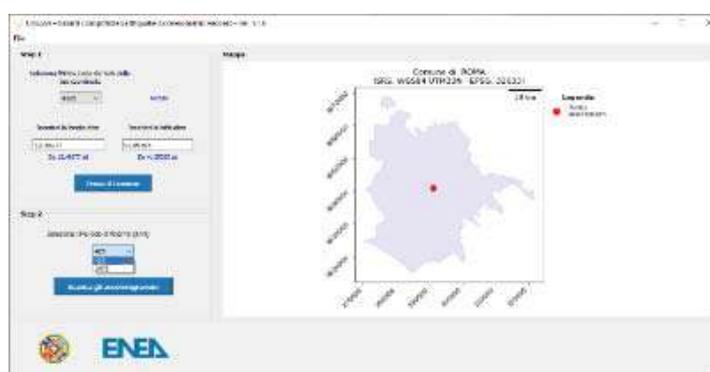


Figura 8: selezione del periodo di ritorno.

Attraverso un click sul pulsante "Scarica gli accelerogrammi" è possibile salvare i file di dati in una cartella scelta dall'utente (Fig. 9).

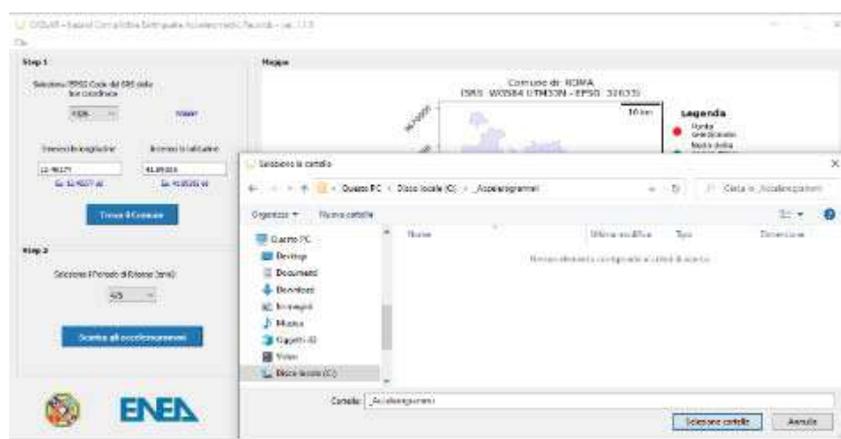


Figura 9: selezione cartella di salvataggio degli accelerogrammi.

In seguito all'operazione di salvataggio, l'utente riceve un avviso nel quale sono indicati l'identificativo univoco del nodo INGV più prossimo, il codice del *sub-cluster* (o del gruppo, per le isole) di appartenenza del punto selezionato ed una nota che indica all'utente se dovrà utilizzare i Fattori di Scala originali (Fig.

10a) o quelli nuovi (Fig. 10b), calcolati come prodotto dei fattori di scala originali e del fattore di scala addizionale, per rispettare, ove necessario, la compatibilità spettrale delle registrazioni di riferimento.

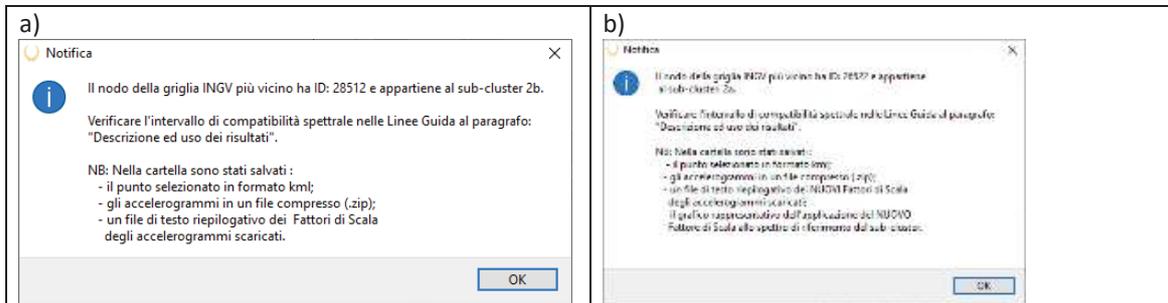


Figura 10: Notifiche di avvenuto salvataggio degli accelerogrammi. a) per i casi in cui andranno utilizzati i Fattori di Scala indicati nei file degli accelerogrammi selezionati; b) per i casi in cui andranno utilizzati i nuovi Fattori di Scala.

a)		b)		
<pre> ***** SELEZIONE da HAZARD 020 ***** Record_name, FSortig IT.LRS.00.HNF.D.IT-1998-0103.ACC, 1.051 RSN1011_NORTHR_WON095.ACC, 1.580 RSN1011_NORTHR_WON185.ACC, 1.026 RSN3954_TOTTORI_SMMH10EW.ACC, 0.788 RSN5618_TWATE_IWT010NS.ACC, 0.724 RSN80_SFERN_PSL270.ACC, 0.797 TK.4101.00.HNN.D.TK-1999-0294.ACC, 2.148 ***** SELEZIONE da HAZARD 100 ***** Record_name, FSortig HI.ATH4.00.HN2.D.GR-1999-0001.ACC, 1.348 IT.ALT.00.HNN.D.IT-1980-0012.ACC, 2.925 IT.LSS.00.HGN.D.EMSC-20160824_0000006.ACC, 8.428 IT.LSS.00.HGN.D.EMSC-20161030_0000029.ACC, 3.060 IT.MMP1.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC, 8.121 IT.MNF.00.HGE.D.EMSC-20160824_0000006.ACC, 2.234 IT.MNF.00.HNN.D.IT-1997-0006.ACC, 6.963 </pre>		<pre> Fattore di Scala ADDIZIONALE = 1.255 ***** SELEZIONE da HAZARD 020 ***** Record_name, FSortig, FSnuovo IT.LRS.00.HNF.D.IT-1998-0103.ACC, 1.051, 1.319 RSN1011_NORTHR_WON095.ACC, 1.580, 1.983 RSN1011_NORTHR_WON185.ACC, 1.026, 1.288 RSN3954_TOTTORI_SMMH10EW.ACC, 0.788, 0.889 RSN5618_TWATE_IWT010NS.ACC, 0.724, 0.909 RSN80_SFERN_PSL270.ACC, 0.797, 1.000 TK.4101.00.HNN.D.TK-1999-0294.ACC, 2.148, 2.696 ***** SELEZIONE da HAZARD 100 ***** Record_name, FSortig, FSnuovo HI.ATH4.00.HN2.D.GR-1999-0001.ACC, 1.348, 1.692 IT.ALT.00.HNN.D.IT-1980-0012.ACC, 2.925, 3.671 IT.LSS.00.HGN.D.EMSC-20160824_0000006.ACC, 8.428, 10.577 IT.LSS.00.HGN.D.EMSC-20161030_0000029.ACC, 3.060, 3.840 IT.MMP1.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC, 8.121, 10.192 IT.MNF.00.HGE.D.EMSC-20160824_0000006.ACC, 2.234, 2.804 IT.MNF.00.HNN.D.IT-1997-0006.ACC, 6.963, 8.739 </pre>		

Figura 11: a) Tabella riassuntiva dei nomi delle registrazioni accelerometriche selezionate, con il Fattore di Scala originale da utilizzare nelle modellazioni numeriche: in questa tabella vengono riassunti i Fattori di Scala (FSorig) riportati nelle prime righe di intestazione delle singole registrazioni accelerometriche. b) Tabella riassuntiva dei nomi delle registrazioni accelerometriche selezionate, con il valore del nuovo Fattore di Scala (dato dal prodotto del fattore di scala originale e addizionale) da applicare a quelli originali: il valore del Fattore di Scala da utilizzare nelle modellazioni numeriche è stato mostrato nella colonna FSnuovo.

All'interno della cartella selezionata viene salvato il file compresso con le registrazioni accelerometriche di riferimento, la localizzazione del punto selezionato in formato "KML", la tabella di testo, in formato "csv", con i nomi delle registrazioni accelerometriche, i valori dei Fattori di Scala originali (Fig. 11a) o quella con i Fattori di Scala aggiornati in modo da rientrare nei limiti di compatibilità spettrale (Fig. 11b): in questo secondo caso viene salvato anche, in formato "png", il grafico con lo spettro di riferimento della *sub-cluster* ricalcolato, confrontato con i limiti di Normativa (vedi esempio di Fig. 3b a Pag. 9).

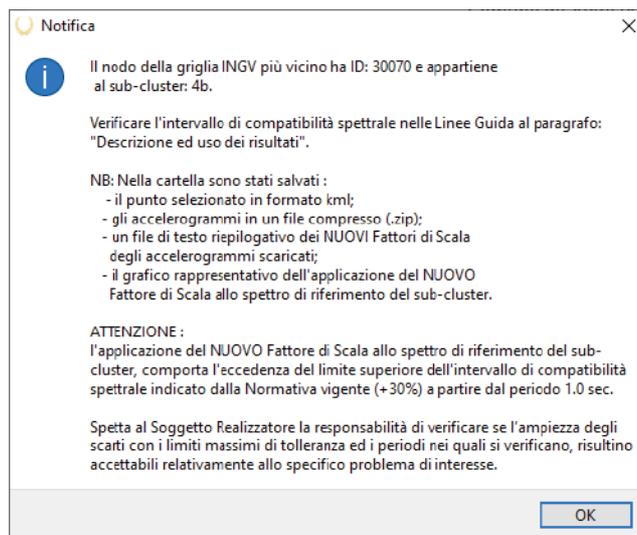


Figura 12: Notifica di avvenuto salvataggio degli accelerogrammi con l'avvertenza che, applicando il Fattore di Scala addizionale, non è assicurata la compatibilità spettrale prevista dalla Normativa a partire da un determinato periodo di oscillazione T.

Per i casi in cui l'applicazione dei nuovi Fattori di Scala compromette la compatibilità spettrale richiesta dalla Normativa vigente a partire da un determinato periodo di oscillazione T, l'utente viene avvertito con la notifica mostrata nella Fig. 12. Spetta al Soggetto Realizzatore la responsabilità di verificare se l'ampiezza degli scarti con i limiti massimi di tolleranza ed i periodi nei quali si verificano risultino accettabili relativamente allo specifico problema di interesse.

Infine, l'applicativo aggiorna la mappa, nella sezione "Mappa" (Fig. 13), includendo il nodo del MPPS (indicato come "Nodo della griglia INGV ID: nnnnn" ed evidenziato in verde) più vicino al punto selezionato.

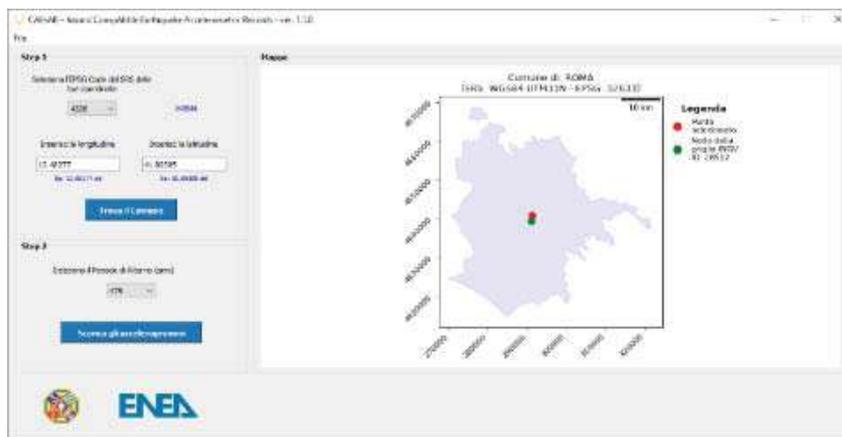


Figura 13: aggiornamento della sezione "Mappa" nell'interfaccia grafica dell'applicativo.

6. ORGANIZZAZIONE DEI DATI DISTRIBUITI

Come già indicato precedente paragrafo relativo alla descrizione dell'applicativo software di distribuzione dei dati, l'utente, dopo aver inserito le coordinate del punto di interesse ed il periodo di ritorno, otterrà un file compresso (in formato *.zip) organizzato come nello schema di Fig. 14a. In un primo livello di organizzazione del dato (colonna "A"), sono riportati i dati organizzati e compressi per sub-

cluster. Il *file* compresso effettivamente restituito dall'applicativo è quello contenente i dati organizzati come da colonna "B", che contiene 2 ulteriori *file* compressi, ognuno contenente i dati dei gruppi di 7 accelerogrammi selezionati in relazione alla disaggregazione della pericolosità sismica per due valori di ordinata spettrale: un *file* per $S_a[T=0.2s]$ ed un *file* per $S_a[T=1.0s]$. I singoli accelerogrammi (colonna "C") si ottengono de-comprimendo i due *file* precedentemente descritti.

I nomi dei file compressi sono codificati come descritto nel seguito:

- colonna "A" - codice *sub_cluster* (es. 1a) _ periodo di ritorno (es. RP_475);
- colonna "B" - oltre ai due codici precedenti, periodo di oscillazione dell'ordinata spettrale rispetto cui è stata analizzata la disaggregazione della pericolosità sismica (es. Thaz_02 per $T = 0.2$ s).

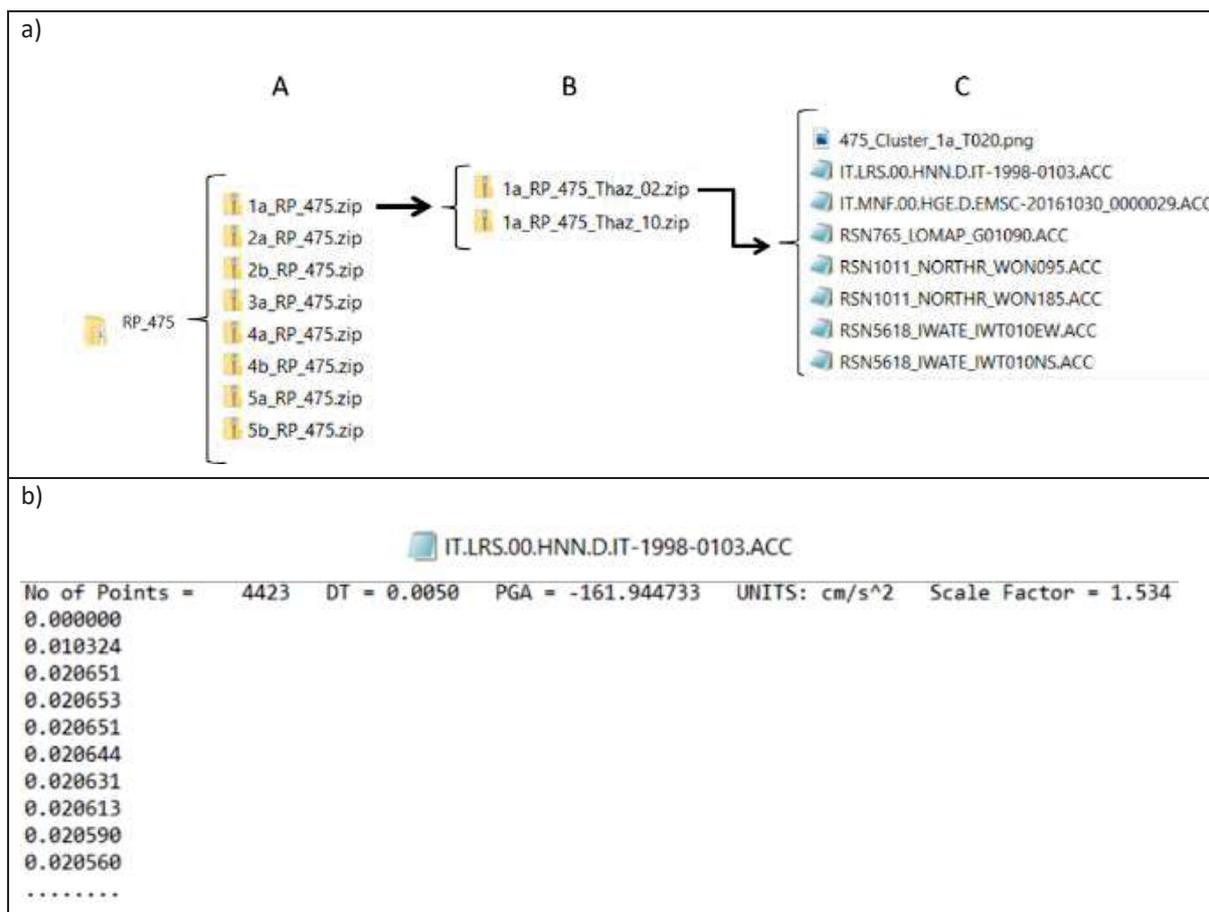


Figura 14: a) Struttura dei dati distribuiti agli utenti, prendendo come esempio quelli relativi ad un RP di 475 anni. b) Esempio di file di testo della registrazione accelerometrica.

Per quello che riguarda i *file* di testo con i dati di ciascun accelerogramma, questi presentano una estensione '*.ACC' (Fig. 14a, colonna C): il formato dei file di testo è ASCII/UTF-8. Il nome del file corrisponde a quello del file originale reperibile presso le diverse DB interrogate; in particolare si ha:

- per DB - ESM¹⁰ un nome del tipo "XX.XXX.nn.COMP..." (es. IT.LRS.00.HNN.D.IT-1998-0103.ACC)
- per DB - PEER¹¹ un nome del tipo "RNSnnn_..." (es. RSN765_LOMAP_G01090.ACC)
- per DB - NIED¹² un nome del tipo "XXXXnnn..." (es. YMTH031104111716.NS2.ACC)

In ogni file di testo contenente i valori delle accelerazioni (Fig. 14b), la prima riga di intestazione presenta alcune informazioni descrittive dei dati:

- No of Points = numero dei valori di accelerazione che formano l'intera registrazione accelerometrica;
- DT = passo di campionamento dei valori di accelerazione;
- PGA = valore di picco dell'accelerogramma;
- UNITS = unità di misura delle accelerazioni, per ciascun segnale sempre espressa in cm/s^2 ;
- Scale Factor = fattore di scala da applicare alla registrazione accelerometrica per il suo utilizzo all'interno dei programmi di simulazione numerica, salvo venga indicata all'utente la necessità di sostituire questi valori con quelli riportati nella tabella riassuntiva (vedi esempio in Fig. 10b a Pag. 13) salvata dall'applicativo insieme al file compresso con i dati accelerometrici.

Le restanti linee rappresentano i valori di accelerazione, aventi unità di misura cm/s^2 in tutti i *file* distribuiti.

Il file grafico il formato "png" (Fig. 15) inserito nel file compresso (Fig. 14a, colonna C), mostra la sovrapposizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione al 5% di smorzamento delle 7 registrazioni accelerometriche selezionate (linee grigie) e della loro media (linea nera), insieme con lo spettro UHS mediano del sub-cluster considerato (linea intera rossa con punti rappresentativi i periodi di campionamento delle ordinate spettrali) e i limiti di tolleranza dei valori spettrali medi imposti dalla normativa vigente (limite inferiore: UHS mediano - 10%, linea rossa punteggiata; limite superiore: UHS mediano + 30%, linea rossa tratteggiata). Le linee verdi verticali ($t_1 - t_2$) rappresentano l'intervallo di compatibilità spettrale del gruppo di accelerogrammi.

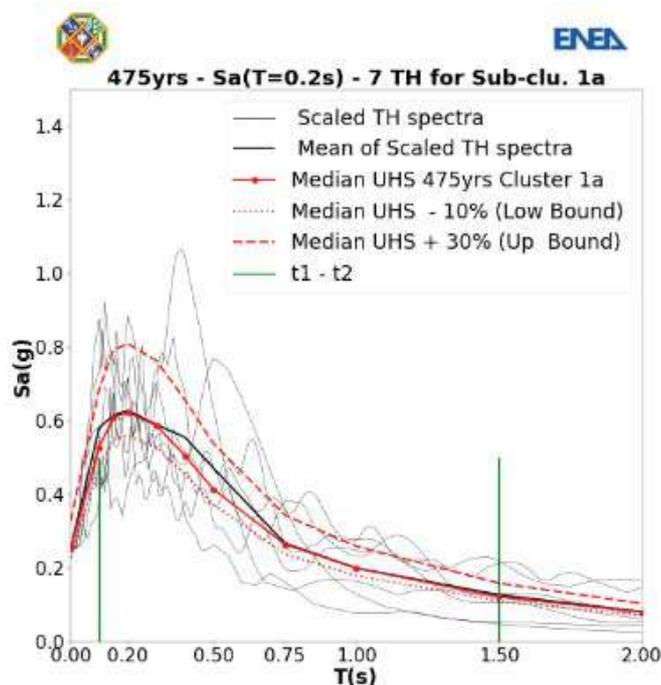


Figura 15: Spettri di risposta delle TH selezionate e andamento dei loro valori medi, confrontati con lo UHS mediano del *sub-cluster* considerato ed i limiti di tolleranza prescritti dalla normativa vigente.

Il Soggetto Realizzatore, in alternativa agli accelerogrammi regionali di riferimento, può utilizzare

ulteriori accelerogrammi purché siano selezionati conformemente alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alla distanza della sorgente, alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito ed ottenute in condizioni di *free-field* per la categoria di sottosuolo d'interesse, così come prescritto dalla Normativa vigente (NTC 2018⁶).

L'uso di accelerogrammi diversi rispetto a quelli regionali di riferimento, dovrà essere adeguatamente giustificato e descritto nella Relazione Illustrativa.

7. ESEMPIO DI UTILIZZO DEGLI ACCELEROGRAMMI REGIONALI COME INPUT PER MODELLAZIONE NUMERICA CON IL PROGRAMMA "STRATA"¹⁴

Una volta effettuato dall'utente la selezione ed il salvataggio dei gruppi di accelerogrammi regionali per il sito di interesse, questi potranno essere utilizzati come input sismico nelle simulazioni numeriche finalizzate alle analisi di MS3 o di RSL. A tal fine, è importante rammentare in questa sede che, ai fini della selezione degli accelerogrammi regionali, in alcuni casi è stato necessario scalare linearmente gli spettri di risposta corrispondenti agli accelerogrammi selezionati per la verifica di compatibilità spettrale con il UHS di riferimento. E' stata inoltre verificata la necessità, in determinati casi, di applicare un Fattore di Scala aggiuntivo tale da assicurare la rispondenza del UHS di riferimento e degli accelerogrammi selezionati ai limiti di compatibilità spettrale imposti dalla Normativa vigente.

Pertanto, l'utente dovrà porre particolare attenzione al fatto che il sito di interesse cada nelle vicinanze di nodi INGV che richiedano o meno l'uso dei Fattori di Scala aggiuntivi forniti dall'applicativo "CAESAR", così come descritto nel Paragrafo 5 e riassunto nei messaggi (Fig. 10 a Pag. 13) e nelle tabelle di testo (Fig. 11 a Pag. 13) salvate insieme ai file compressi con gli accelerogrammi regionali.

Nel caso non sia stata segnalata all'utente la necessità di utilizzare FA aggiuntivi (Fig. 10a) bisognerà verificare se agli accelerogrammi selezionati sia associato un fattore di scala lineare (SF) del corrispondente spettro di risposta elastico diverso dal valore 1, laddove SF=1 corrisponde ad un accelerogramma la cui selezione non ha implicato l'operazione di *scaling* del corrispondente spettro di risposta elastico.

Come mostrato in Fig. 14b a Pag. 15, la prima riga dei file con i dati accelerometrici (*header*), peraltro visualizzata dal programma "Strata" una volta inserita la registrazione accelerometrica di interesse, contiene, tra le altre informazioni, il parametro SF che, se uguale ad 1.00, indica che la registrazione deve essere usata senza procedere alla moltiplicazione dei valori di accelerazione per il valore di SF; in caso contrario è riportato il corrispondente valore di SF da utilizzare.

¹⁴ Kottke, Albert R., and Ellen M. Rathje. (2008). "Technical manual for Strata." Report No.: 2008/10. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

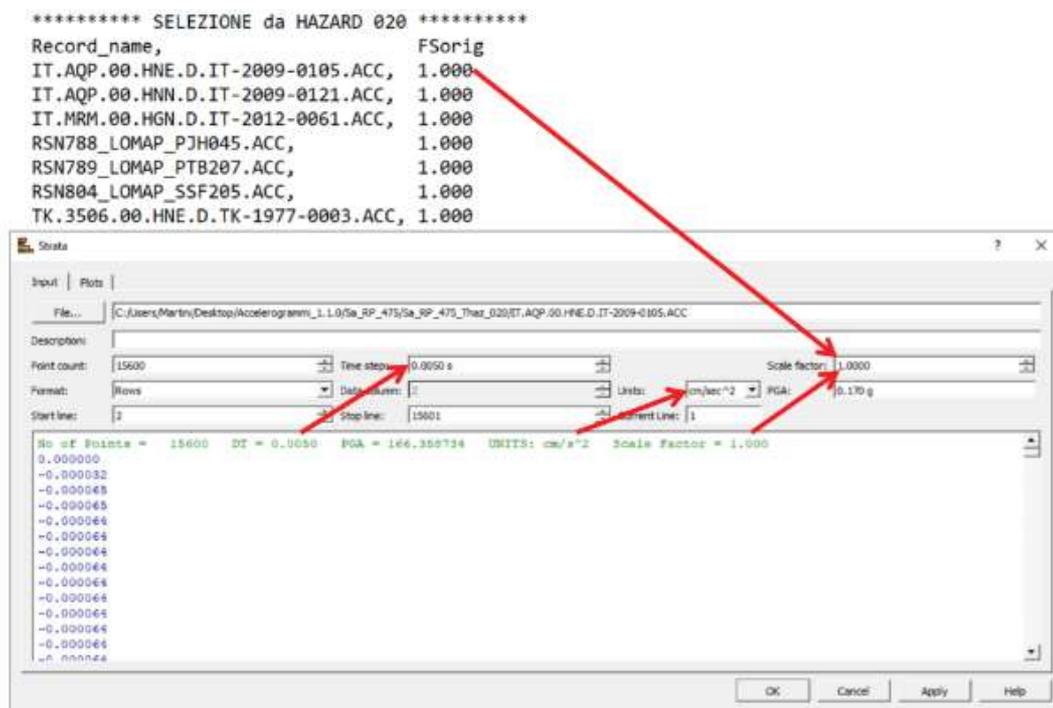


Figure 16: Esempio di input per un accelerogramma con fattore di scala SF=1.

Quale esempio di procedura per l'uso dei dati nelle applicazioni tecniche, nelle Figg. 16 e 17 viene mostrato l'esempio ottenuto mediante l'uso del programma "Strata": in particolare la Fig. 16 è riferita ad un gruppo di registrazioni a cui è associato SF=1 mentre la Fig. 17 ad un gruppo di accelerogrammi con associato SF≠1. L'utente, una volta selezionato il file di dati di interesse, dovrà inserire il valore "Start line" (sempre uguale a 2) ed i parametri riportati nella prima riga evidenziati dalle frecce rosse, vale a dire: l'intervallo di campionamento ("Time step"), l'unità di misura delle accelerazioni (sempre cm/sec²) ed il Fattore di Scala SF. Per comodità dell'utente, gli stessi SF sono riassunti nella tabella di testo salvata dall'applicativo "CAEsAR", un cui estratto viene mostrato nella parte superiore delle Figg. 16 e 17: anche in questo caso, apposite linee rosse evidenziano i parametri da utilizzare.

Dopo l'inserimento di questi dati, premendo il tasto "Apply" il programma calcola automaticamente i valori dei campi "Point count", che dovrà corrispondere al valore "No of Points" contenuto nella prima riga del file, ed il valore del PGA in g. A questo proposito occorre ricordare che i dati accelerometrici distribuiti non sono moltiplicati per il fattore di scala SF ed il valore della PGA nell'header dei file distribuiti è sempre riferito alla registrazione originale.

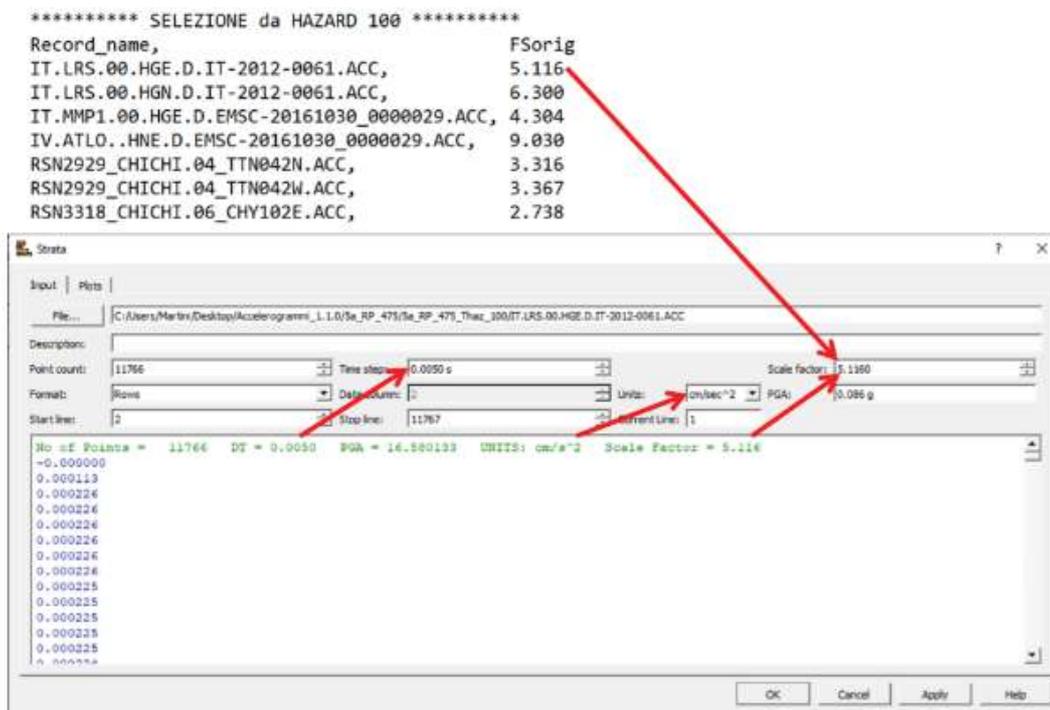


Figura 17: Esempio di input per un accelerogramma con fattore di scala SF≠1.

Il fattore di scala SF viene applicato ai dati automaticamente dal programma “Strata” sulla base del parametro “Scale factor” inserito dall’utente; pertanto, il valore del PGA calcolato e visualizzato nel programma si riferisce al dato accelerometrico a cui è stato applicato il fattore di scala SF: nel caso in cui SF≠1 il valore di PGA impostato nel programma non corrisponde alla PGA originale riportata nell’header del file dei dati ma al valore dell’ordinata dello spettro UHS mediano del *sub-cluster* nel quale rientra il sito analizzato per il periodo di oscillazione T=0 s.

A titolo esemplificativo, in Fig. 18 viene mostrato il quadro riassuntivo generato da “Strata” con l’utilizzo delle registrazioni accelerometriche selezionate per un sito riconducibile al *sub-cluster* 5a, per un periodo di ritorno RP = 475 anni. I primi 7 accelerogrammi si riferiscono alla selezione ottenuta considerando l’analisi di disaggregazione in funzione di Sa[T=0.2s] e corrispondono a registrazioni non scalate (SF = 1.00): in questi casi il valore di PGA riportato nella schermata di riepilogo del software, espresso in g, corrisponde al valore presente nella riga di *header* nel file dei dati accelerometrici, quest’ultimo espresso in cm/s². Agli accelerogrammi dal numero 8 al numero 14, selezionati considerando l’analisi di disaggregazione in funzione di Sa[T=1.0s], sono stati automaticamente applicati i corrispondenti valori di SF≠1 dal programma “Strata”: in questi casi nella maschera di riepilogo dei dati di *input* nel software, si riportano valori di PGA uguali per l’intero gruppo di dati.

	Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
1	5a_RP_475_Thaz_020\IT.AQP.00.HNE.D.IT-2009-0105.ACC		Outcrop (2A)	0.17	5.60	1.00
2	5a_RP_475_Thaz_020\IT.AQP.00.HNN.D.IT-2009-0121.ACC		Outcrop (2A)	0.08	3.74	1.00
3	5a_RP_475_Thaz_020\IT.MRM.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC		Outcrop (2A)	0.13	7.56	1.00
4	5a_RP_475_Thaz_020\RSN788_LOMAP_PJH045.ACC		Outcrop (2A)	0.08	8.69	1.00
5	5a_RP_475_Thaz_020\RSN789_LOMAP_PT8207.ACC		Outcrop (2A)	0.07	11.41	1.00
6	5a_RP_475_Thaz_020\RSN804_LOMAP_SSF205.ACC		Outcrop (2A)	0.11	8.31	1.00
7	5a_RP_475_Thaz_020\TK.3506.00.HNE.D.TK-1977-0003.ACC		Outcrop (2A)	0.13	5.00	1.00
8	5a_RP_475_Thaz_100\IT.LRS.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC		Outcrop (2A)	0.09	5.24	5.13
9	5a_RP_475_Thaz_100\IT.LRS.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC		Outcrop (2A)	0.09	5.37	6.30
10	5a_RP_475_Thaz_100\IT.MMP1.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC		Outcrop (2A)	0.09	9.81	4.30
11	5a_RP_475_Thaz_100\IT.VATLO.HNE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC		Outcrop (2A)	0.09	11.74	9.03
12	5a_RP_475_Thaz_100\RSN2929_CHICHI04_TTN042N.ACC		Outcrop (2A)	0.09	8.48	3.32
13	5a_RP_475_Thaz_100\RSN2929_CHICHI04_TTN042W.ACC		Outcrop (2A)	0.09	10.85	3.37
14	5a_RP_475_Thaz_100\RSN3318_CHICHI06_CHY102E.ACC		Outcrop (2A)	0.09	9.29	2.74

Figura 18: Quadro riassuntivo generato dal programma “Strata” con tutti gli accelerogrammi inseriti dall’utente; in particolare, quelli dal numero 1 al numero 7 corrispondono a registrazioni con SF=1 mentre quelli dal numero 8 al numero 14 a registrazioni con applicato un fattore di scala SF ≠ 1.

```

***** SELEZIONE da HAZARD 020 *****
Record_name,          FScorig, FScnuovo
IT.AQP.00.HNE.D.IT-2009-0105.ACC, 1.000, 1.145
IT.AQP.00.HNN.D.IT-2009-0121.ACC, 1.000, 1.145
IT.MRM.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC, 1.000, 1.145
RSN788_LOMAP_PJH045.ACC, 1.000, 1.145
RSN789_LOMAP_PT8207.ACC, 1.000, 1.145
RSN804_LOMAP_SSF205.ACC, 1.000, 1.145
TK.3506.00.HNE.D.TK-1977-0003.ACC, 1.000, 1.145
    
```

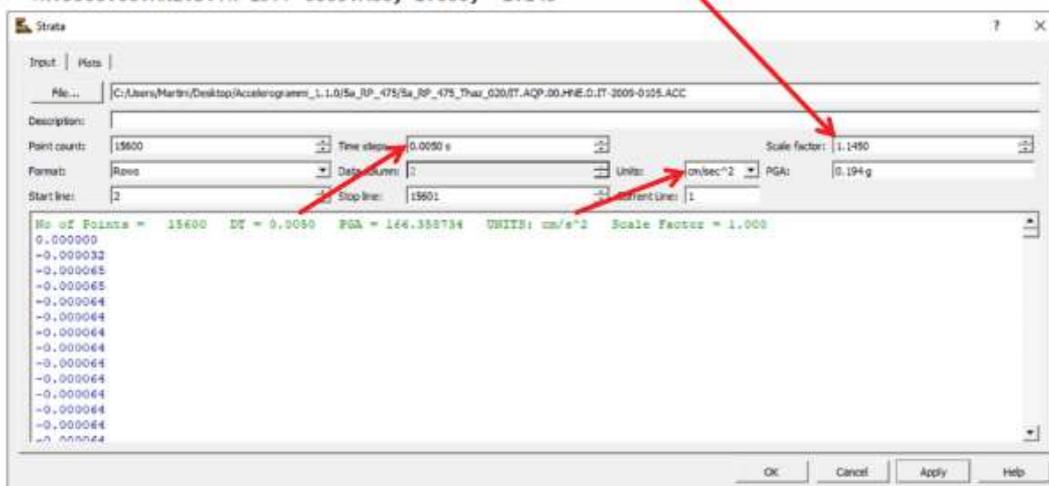


Figura 19: Esempio di input per un accelerogramma originariamente con fattore di scala FS = 1 al quale, per rientrare nei limiti di compatibilità spettrale, andrà applicato un fattore di scala aggiuntivo: la colonna FScnuovo, mostrata nella parte superiore della figura, contiene i parametri da utilizzare nella modellazione numerica.

Una procedura analoga dovrà essere seguita nel caso in cui, per rispettare i limiti di compatibilità spettrale indicati dalla Normativa, sia stata segnalata all’utente la necessità di applicare alle registrazioni

accelerometriche regionali un Fattore di Scala aggiuntivo. In questo caso, come mostrato nelle Figg. 19 e 20, andrà inserito nell'apposita finestra di "Strata", per ogni registrazione accelerometrica importata, il fattore di scala presente nella colonna FSnuovo delle tabelle di testo riassuntive. Nulla cambia invece per gli altri parametri presenti nell'*header* degli accelerogrammi.

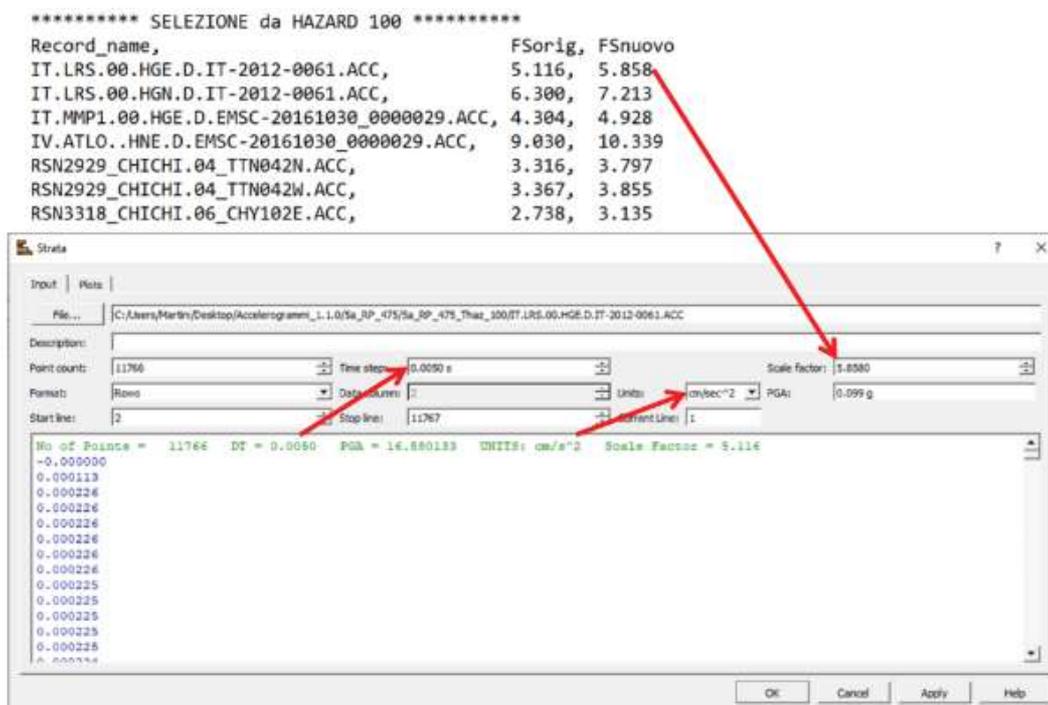


Figura 20: Esempio di input per un accelerogramma originariamente con fattore di scala SF≠1 al quale, per rientrare nei limiti di compatibilità spettrale, andrà applicato un fattore di scala aggiuntivo: la colonna FSnuovo, mostrata nella parte superiore della figura, contiene i parametri da utilizzare nella modellazione numerica.

Analogamente alla Fig. 18, nella Fig. 21 viene mostrato il quadro riassuntivo generato da "Strata" con le registrazioni accelerometriche relative ad un periodo di ritorno RP = 475 anni, selezionate per un sito afferente al *sub-cluster* 5a. Anche in questo caso, i primi 7 accelerogrammi si riferiscono alla selezione ottenuta considerando l'analisi di disaggregazione in funzione di Sa[T=0.2s], originariamente corrispondenti a registrazioni non scalate (SF = 1.00). Tali registrazioni sono state quindi scalate secondo il fattore di scala aggiornato: naturalmente il valore di PGA mostrato nella schermata non corrisponderà più al valore presente nella riga *header* dei singoli accelerogrammi. Anche per gli accelerogrammi dal numero 8 al numero 14, selezionati considerando l'analisi di disaggregazione in funzione di Sa[T=1.0s], l'applicazione del fattore di scala FSnuovo presente nella tabella di testo riassuntiva, comporta la presenza nella maschera riepilogativa dei dati di input di valori del PGA costante per l'intero set di dati.

File Edit Tools Window Help

General Settings | Soil Types | Soil Profile | Motion(s) | Output Specification | Compute | Results

Motion Input Location

Specify the location to input the motion(s):

Input Motions

+ Add - Remove Edit

	Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
1	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\IT.AQP.00.HNE.D.IT-2009-0105.ACC		Outcrop (2A)	0.19	6.41	1.15
2	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\IT.AQP.00.HNN.D.IT-2009-0121.ACC		Outcrop (2A)	0.09	4.28	1.15
3	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\IT.MRM.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC		Outcrop (2A)	0.15	8.65	1.15
4	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\RSN788_LOMAP_PJH045.ACC		Outcrop (2A)	0.10	9.95	1.15
5	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\RSN789_LOMAP_PTB207.ACC		Outcrop (2A)	0.08	13.06	1.15
6	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\RSN804_LOMAP_SSF205.ACC		Outcrop (2A)	0.12	9.51	1.15
7	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\TK.3506.00.HNE.D.TK-1977-0003.ACC		Outcrop (2A)	0.15	5.72	1.15
8	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_100\IT.LRS.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC		Outcrop (2A)	0.10	6.00	5.86
9	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_100\IT.LRS.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC		Outcrop (2A)	0.10	6.15	7.21
10	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_100\IT.MMP1.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC		Outcrop (2A)	0.10	11.24	4.93
11	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_100\IV.ATLO..HNE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC		Outcrop (2A)	0.10	13.44	10.34
12	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_100\RSN2929_CHICHI.04_TTN042N.ACC		Outcrop (2A)	0.10	12.13	3.80
13	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_100\RSN2929_CHICHI.04_TTN042W.ACC		Outcrop (2A)	0.10	15.53	3.85
14	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_100\RSN3318_CHICHI.06_CHY102E.ACC		Outcrop (2A)	0.10	10.64	3.13

Figura 21: Quadro riassuntivo generato dal programma "Strata" con tutti gli accelerogrammi inseriti dall'utente considerando i fattori di scala aggiuntivi; in particolare, quelli dal numero 1 al numero 7 corrispondono a registrazioni originariamente con SF=1 mentre quelli dal numero 8 al numero 14 a registrazioni originariamente con un fattore di scala SF ≠ 1.

8. AVVERTENZA FINALE

Si precisa che l'uso degli accelerogrammi regionali e del software per la loro distribuzione rientra nella piena responsabilità dell'utente. Pertanto il Servizio Geologico e Sismico della Regione Lazio ed ENEA non forniscono alcuna garanzia in merito ai dati e non potranno in alcun caso essere ritenuti responsabili per l'uso improprio o scorretto dei dati. Qualunque rischio dovuto all'uso improprio dei dati o delle informazioni connesse è assunto dall'utente.