

Regione Lazio

Atti della Giunta Regionale e degli Assessori

Deliberazione 30 dicembre 2024, n. 1194

Approvazione delle "Linee Guida per l'utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica e nella Risposta Sismica Locale Versione 1.3.0". Revoca della deliberazione della Giunta regionale 13 Luglio 2023, n. 369

OGGETTO: Approvazione delle “Linee Guida per l’utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica e nella Risposta Sismica Locale Versione 1.3.0”. Revoca della deliberazione della Giunta regionale 13 Luglio 2023, n. 369

LA GIUNTA REGIONALE

Su proposta dell’Assessore ai Lavori pubblici, Politiche di Ricostruzione, Viabilità, Infrastrutture;

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;

VISTA la deliberazione di Giunta regionale dell’11 gennaio 2024, n. 9, con la quale è stato conferito l’incarico di direttore della direzione regionale “Lavori pubblici e Infrastrutture, Innovazione Tecnologica” all’Ing. Luca Marta;

VISTO l’Atto di Organizzazione n. G09114 del 9 luglio 2024, con il quale è stato conferito all’Arch. Maria Cristina Vecchi l’incarico di dirigente dell’Area “Pareri geologici e sismici, suolo e invasi” della Direzione regionale “Lavori Pubblici e Infrastrutture, Innovazione Tecnologica”;

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 del 21 ottobre 2011 n. 490 recante “Approvazione degli Abachi Regionali per gli studi di Livello 2 di Microzonazione Sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010 e procedure di applicazione nell’ambito del rilascio del parere ai sensi dell’art. 89 del DPR del 6 giugno 2001 n. 380. Modifica alla DGR Lazio n. 545/2010”;

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 luglio 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 del 26 ottobre 2020, n. 26, 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 dicembre 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. del 18 dicembre 2018 n.12 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 maggio 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 2022 con l'INGV riguardante il “Completamento della selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche nella Regione Lazio”, ha ritenuto utile aggiornare la selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche;

VISTA la deliberazione della Giunta regionale 13 Luglio 2023, n. 369 recante: 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.;

CONSIDERATO in particolare ai sensi della deliberazione della Giunta regionale 13 Luglio 2023, n. 369 è possibile eseguire il download degli accelerogrammi con i seguenti periodi di ritorno (PR): PR 475 anni e PR 2475 anni;

VISTA la determinazione n. G14341 del 21 ottobre 2022, con la quale è stato approvato l'Accordo di cooperazione istituzionale tra la Regione Lazio - Direzione Regionale Lavori Pubblici, Stazione Unica Appalti, Risorse Idriche e Difesa del Suolo, Area Tutela del Territorio e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV per il "Completamento della selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche nella Regione Lazio”;

VISTA la nota prot. n° 0028402/2024 del 14 novembre 2024, acquisita in pari data con prot. n° 1399668, con la quale l'INGV ha trasmesso i risultati, ed in particolare:

- l'Applicativo stand-alone per la distribuzione delle registrazioni accelerometriche selezionate ai Soggetti Realizzatori per le applicazioni tecniche nella Regione Lazio nella versione 1.3.0;
- Linee Guida sull'utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento, nella versione 1.3.0;
- Archivio compresso contenente i dati geografici in formato vettoriale (shapefile) relativi alla meso-zonazione sismica del territorio regionale (Nodi_Griglia_INGV);
- Archivio compresso contenente le registrazioni accelerometriche selezionate, versione 1.3.0;

CONSIDERATO in particolare che i risultati consentono di eseguire il download degli accelerogrammi con i seguenti periodi di ritorno (PR):

- PR 30 anni
- PR 50 anni
- PR 72 anni
- PR 101 anni
- PR 140 anni
- PR 201 anni

- PR 475 anni
- PR 975 anni
- PR 2475 anni

RITENUTO, di conseguenza, necessario revocare la deliberazione della Giunta regionale 13 Luglio 2023, n. 369 recante: 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.;

RITENUTO di approvare l’allegato “A” - Linee Guida per l’utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica e nella Risposta Sismica Locale Versione 1.3.0, quale parte integrante e sostanziale alla presente deliberazione;

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 13 Luglio 2023, n. 369 recante: 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.;
2. di approvare l’allegato “A” - le Linee Guida per l’utilizzo degli accelerogrammi regionali di riferimento nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica e nella Risposta Sismica Locale Versione 1.3.0, quale parte integrante e sostanziale alla presente deliberazione.

La Direzione Lavori Pubblici e Infrastrutture, Innovazione Tecnologica 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.

ALLEGATO A



Direzione regionale Lavori pubblici e Infrastrutture,

Innovazione Tecnologica

Area Pareri geologici e sismici, suolo e invasi

Servizio Geologico e Sismico Regionale

LINEE GUIDA PER L'UTILIZZO DEGLI ACCELEROGRAMMI REGIONALI DI RIFERIMENTO

nelle analisi numeriche, negli studi di Livello 3 di Microzonazione Sismica

e nella Risposta Sismica Locale

Versione 1.3.0

con la collaborazione scientifica di



e di



Accordo di collaborazione istituzionale REGIONE LAZIO - INGV (2023) per la realizzazione di uno studio specialistico sul tema: "*Completamento 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.	FATTORI DI SCALA ADDIZIONALI PER IL RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI COMPATIBILITA' SPETTRALE STABILITI DALLA NORMATIVA	10
5.	DISTRIBUZIONE DEI RISULTATI: AGGIORNAMENTO DELL'APPLICATIVO "CAEsAR – hazard CompAtible Earthquake Accelerometric Records" VERSIONE 1.3.0	11
6.	ORGANIZZAZIONE DEI DATI DISTRIBUITI	16
7.	ESEMPIO DI UTILIZZO DEGLI ACCELEROGRAMMI REGIONALI COME INPUT PER MODELLAZIONE NUMERICA CON IL PROGRAMMA "STRATA"	19
8.	AVVERTENZA FINALE	23

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 1.3.0 - Ottobre 2024

1. INTRODUZIONE

A seguito della distribuzione da parte della Regione Lazio dell'applicativo "CAEsAR – *hazard CompAtible Earthquake Accelerometric Records*" (nella versione 1.1.0 aggiornata nel Marzo 2023), contenente la raccolta di accelerogrammi di riferimento (*di seguito accelerogrammi regionali*) selezionati per periodi di ritorno (RP) di 475 e 2475 anni, è stato affidato all'INGV l'incarico di estendere la selezione di accelerogrammi ai rimanenti RP considerati nell'ambito del modello di pericolosità sismica sviluppato per il territorio italiano¹ (*di seguito MPS*). Obiettivo dell'attività è favorire l'utilizzo di accelerogrammi appositamente selezionati per la Regione Lazio per le applicazioni tecniche. 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 INGV nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Istituzionale con Regione Lazio². L'analisi è stata condotta sulla base delle metodologie predisposte da ENEA nella precedente fase di attività di selezione, descritte nel Rapporto conclusivo redatto nel marzo 2023³, opportunamente revisionate ed aggiornate. La presente versione delle Linee Guida sintetizza i risultati ottenuti durante le diverse fasi dello studio, confluiti nella versione 1.3.0 dell'applicativo "CAEsAR" quale aggiornamento della versione 1.2.0 del Febbraio 2024, che include la selezione degli accelerogrammi regionali per tutti i RP del MPS: 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni.

2. SINTESI METODOLOGICA

Lo studio condotto da INGV² con la collaborazione di ENEA si è basato su tecniche di *clustering* dei dati di pericolosità sismica di base del territorio regionale¹ e della relativa disaggregazione⁴.

L'analisi di disaggregazione è stata condotta al fine di valutare gli scenari sismici con maggior contributo alla pericolosità sismica per RP di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni, ovvero per probabilità di eccedenza (P_e) del parametro di scuotimento selezionato pari rispettivamente al 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 10%, 5% 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 valori di RP sono stati selezionati con riferimento agli stati limite ultimi nei confronti dell'azione sismica, così come definiti nella normativa

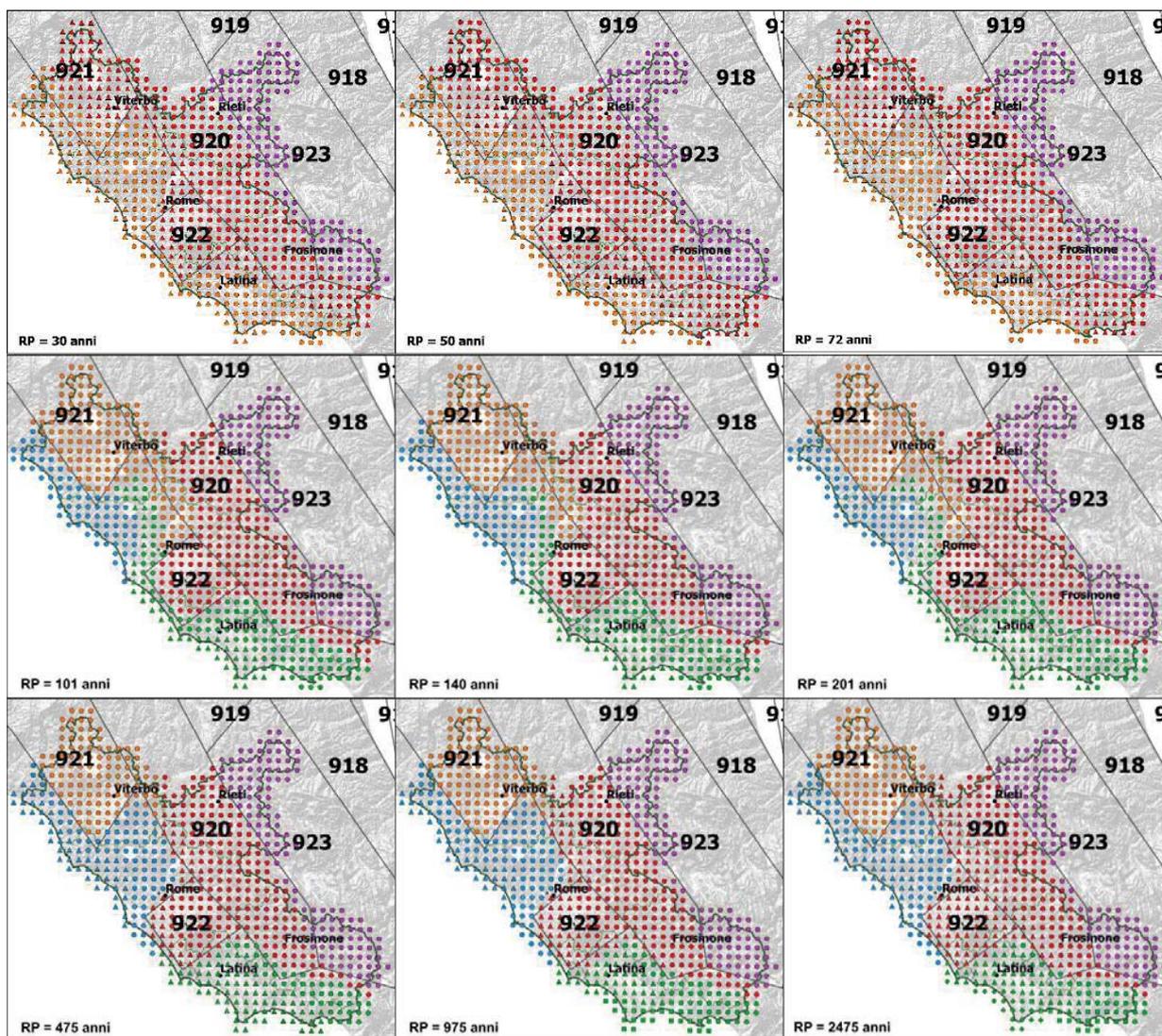
¹ Gruppo di Lavoro MPS, (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

² Accordo di collaborazione Istituzionale tra REGIONE LAZIO e INGV per la realizzazione di uno studio specialistico sul tema: "Completamento della selezione di registrazioni accelerometriche naturali di riferimento per applicazioni tecniche nella Regione Lazio". Determinazione Dirigenziale n. G14341 del 21/10/2022.

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 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.

tecnica di riferimento (NTC 2018⁵), 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 degli studi di microzonazione sismica (ICMS08⁶, aggiornamento ICMS 2011⁷, Standard 4.2⁸).



Cluster 1 ■ **2** ■ **3** ■ **4** ■ **5** ■ **Sub-cluster a** ○ **b** △ **c** □ **d** ◇

Figura 1: Distribuzione dei sub-cluster individuati mediante l'analisi della pericolosità sismica di base regionale, per i RP indicati nei singoli riquadri; per ogni RP, i simboli dei sub-cluster presenti sono riempiti con i colori assegnati ad ogni cluster.

⁵ 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.

⁶ 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/>

⁷ Aggiornamento agli ICMS, Autori vari (2011). Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 - 2011.

⁸ Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Standard 4.2, 2020). Microzonazione sismica, Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Versione 4.2. Roma, dicembre 2020.

Per ciascuno dei 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 (MPS04⁴), sono stati utilizzati per l'analisi di *spectral clustering* con cui è stato possibile ottenere una mesozonazione sismica del territorio regionale in 3 cluster per RP 30, 50 e 72 anni e 5 cluster per i restanti RP ed un numero di *sub-cluster* variabile a seconda del RP considerato: nello specifico 5 *sub-cluster* per RP=30 anni, 5 *sub-cluster* per RP=50 anni, 5 *sub-cluster* per RP=72 anni, 6 *sub-cluster* per RP=101 anni, 6 *sub-cluster* per RP=140 anni, 6 *sub-cluster* per RP=201 anni, 8 *sub-cluster* per RP=475 anni, 9 *sub-cluster* per RP=975 anni e 10 *sub-cluster* per RP=2475 anni (Fig. 1). Per un approfondimento della metodologia utilizzata nella definizione dei *cluster* e dei *sub-cluster* si rimanda al Rapporto conclusivo sulle attività condotte da ENEA³.

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 elaborati al fine di determinare gli scenari con maggior contributo alla pericolosità sismica, questi ultimi individuati da intervalli di magnitudo M e distanza R. Tali dati sono stati utilizzati per selezionare insiemi di accelerogrammi regionali sulla base della compatibilità spettrale dei relativi spettri di risposta elastici rispetto al UHS di riferimento. Tutti gli accelerogrammi inclusi nell'analisi, ricavati interrogando alcune delle principali banche dati accelerometriche (DB) internazionali (in particolare ESM⁹, PEER¹⁰ e NIED¹¹), 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 (NTC 2018⁵), 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 territorio regionale, la distribuzione dei contributi alla pericolosità sismica forniti dai possibili scenari sismici abbia carattere multimodale. Questa caratteristica è funzione del periodo di ritorno RP considerato e del parametro di scuotimento considerato, nel caso specifico Sa[T]. Tra gli aspetti maggiormente innovativi dello studio ENEA³, aggiornato da INGV² per le selezioni dei nuovi RP, 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 pari a 1% per RP da 30 a 475 anni e, in alcuni casi, compresa tra 0.5% e 0.1% per RP=975 e 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 Sa[T=0.2s] ed uno selezionato in funzione dei risultati della disaggregazione per Sa[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 il valore SF = 5.

⁹ 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>

¹⁰ PEER NGA-West2: Shallow Crustal Earthquakes in Active Tectonic Regimes. <http://peer.berkeley.edu/ngawest2/>

¹¹ 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

3. DESCRIZIONE ED USO DEI RISULTATI

Le NTC 2018⁶ e la relativa Circolare¹² 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), 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).

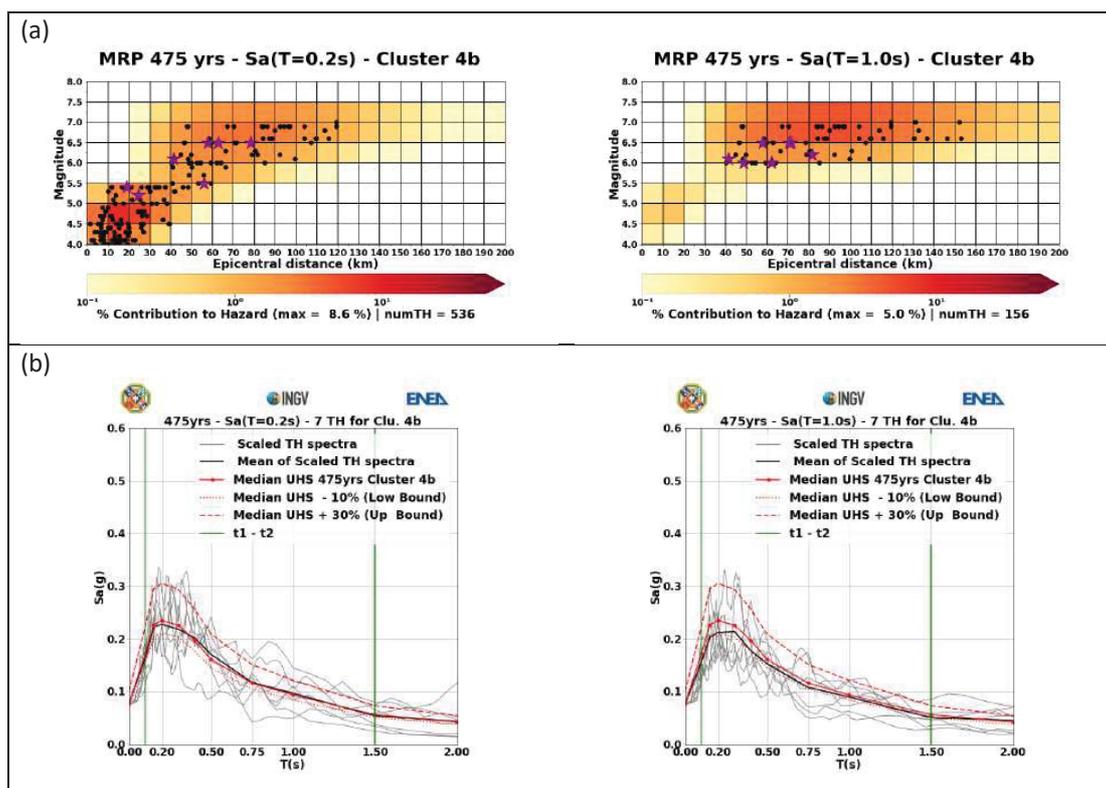


Figura 2: Esempio di valutazione degli scenari sismici che controllano la pericolosità sismica, per RP=475 anni, e conseguente selezione degli accelerogrammi di riferimento per il *sub-cluster* 4b. (a) Funzione di massa di probabilità congiunta (PMF) di magnitudo e distanza per $Sa[T=0.2s]$ (sinistra) e $Sa[T=1.0s]$ (destra): i pallini neri rappresentano le registrazioni accelerometriche relative a coppie di M-R ricadenti negli intervalli corrispondenti agli scenari sismici con maggior contributo alla pericolosità sismica, le stelle viola rappresentano le registrazioni selezionate. (b) spettri di risposta per le 7 registrazioni selezionate (in grigio), media delle 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 puntinata e tratteggiata); le linee verdi verticali rappresentano i limiti inferiore e superiore, in termini di periodi di oscillazione, dell'intervallo di compatibilità spettrale dei gruppi di accelerogrammi selezionati.

Pertanto, gli accelerogrammi regionali selezionati nell'ambito dello studio INGV² ed ENEA³ 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.

¹² 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)

Poiché l'analisi di disaggregazione ha evidenziato come la pericolosità sismica, in alcune aree del Lazio, possa essere controllata da scenari sismici anche molto diversi tra loro in funzione dei parametri RP e Sa(T) considerati, si rendono disponibili due selezioni di accelerogrammi ottenute 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 dal sito ridotte (R<40 Km) e 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 (stelle viola in Fig. 2a) con valor medio delle ordinate spettrali compatibile con lo spettro UHS di riferimento. Nella Fig. 2b sono rappresentati gli spettri di risposta elastici degli accelerogrammi selezionati per i due parametri di scuotimento considerati per la disaggregazione (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 2018⁵. Le due linee verticali verdi rappresentano i limiti dell'intervallo dei periodi di oscillazione all'interno del quale è verificata la compatibilità dei gruppi di accelerogrammi rispetto al UHS di riferimento per il *sub-cluster*.

TABELLA I

RP = 30 anni			RP = 50 anni			RP = 72 anni		
Codice	t ₁ -t ₂ (s)	SF medio	Codice	t ₁ -t ₂ (s)	SF medio	Codice	t ₁ -t ₂ (s)	SF medio
1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000
1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000
2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.304	2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.029
2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	2.977	2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	2.502	2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000
2b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.644	2b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.870	2b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.576
2b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	2b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.109	2b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.069
3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000
3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.939	3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.365	3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	2.864
3b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.454	3b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.841	3b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	2.505
3b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.865	3b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	3b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000
RP = 101 anni			RP = 140 anni			RP = 201 anni		
Codice	t ₁ -t ₂ (s)	SF medio	Codice	t ₁ -t ₂ (s)	SF medio	Codice	t ₁ -t ₂ (s)	SF medio
1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	2.061
1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.321	1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.412
2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000
2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.475
3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.440	3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	3a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000
3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.370	3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.658	3a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000

RP = 475 anni			RP = 975 anni			RP = 2475 anni		
Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio	Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio	Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio
4a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.940	4a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	4a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000
4a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.211	4a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.433	4a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	1.000
4b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.654	4b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.509	4b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.826
4b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	2.595	4b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.216	4b Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.149
5a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.594	5a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.320	5a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.629
5a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.158	5a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.815	5a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.169
1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.429	1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.749	1a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.988
1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	2.219	1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	2.633	1a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	3.832
2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.148	2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	2a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	3.079
2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.726	2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.134	2a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.635
2b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.888	2b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	2.872	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	4.352	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	2.463	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	4.379	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	2.889	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	3.322	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]	0.1-1.5	4.853	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]	0.1-1.5	1.000	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]	0.1-1.5	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]	0.1-1.5	4.454	4c Sa[T=1.0s]	0.3-1.5	3.621
5b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	1.000	5a 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	5a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.094	4d Sa[T=1.0s]	0.3-1.5	4.704
			5b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.437	5a Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.966
			5b Sa [T=1.0s]	0.1-1.5	1.000	5a Sa[T=1.0s]	0.1-1.5	4.623
						5b Sa[T=0.2s]	0.1-1.5	4.757
						5b Sa [T=1.0s]	0.1-1.5	4.817

In alcuni limitati casi, 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, per RP=975 anni, 1 identico accelerogramma è contenuto nei due gruppi di selezione per i *sub-clusters* 4a e 4c; parimenti nel caso di RP=2475 anni, 1 identico accelerogramma è presente 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 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 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*.

In Tabella I sono sintetizzate le informazioni relative ai diversi gruppi di accelerogrammi selezionati per i nove tempi di ritorno analizzati (RP = 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 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 entro cui relativi gruppi di accelerogrammi soddisfano i requisiti di compatibilità spettrale con l'UHS di riferimento. A tale proposito, si rammenta come la normativa tecnica vigente preveda che, nell'utilizzo degli accelerogrammi per applicazioni tecniche, vi sia sovrapposizione tra il campo dei periodi di oscillazione di interesse per la specifica applicazione e l'intervallo di periodi in cui è verificata la compatibilità spettrale. Come si può notare, per le selezioni ottenute con RP fino a 975 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, per i quali l'intervallo di compatibilità spettrale delle selezioni è lo stesso del precedente, ad esclusione dei *sub-cluster* 4b, 4c e 4d (per Sa[T=0.2s] e Sa[T=1.0s]) nei quali la compatibilità spettrale è soddisfatta per periodi compresi tra $t_1 = 0.3$ s e $t_2 = 1.5$ s.

TABELLA II

RP = 30 anni			RP = 50 anni			RP = 72 anni		
Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio	Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio	Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio
6a Ponza	0.1-1.5	3.167	6a Ponza	0.1-1.5	4.420	6a Ponza	0.1-1.5	3.168
7a Ventotene	0.1-1.5	4.644	7a Ventotene	0.1-1.5	3.177	7a Ventotene	0.1-1.5	2.771
RP = 101 anni			RP = 140 anni			RP = 201 anni		
Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio	Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio	Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio
6a Ponza	0.1-1.5	4.792	6a Ponza	0.1-1.5	4.008	6a Ponza	0.1-1.5	4.688
7a Ventotene	0.1-1.5	3.628	7a Ventotene	0.1-1.5	4.431	7a Ventotene	0.1-1.5	1.000
RP = 475 anni			RP = 975 anni			RP = 2475 anni		
Codice	$t_1-t_2(s)$	SF medio	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	0.1-1.0	1.000	6a Ponza	0.3-1.0	4.372
7a Ventotene	0.1-1.0	1.000	7a Ventotene	0.2-1.0	4.538	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 (codificati con le sigle 6a per Ponza e 7a per Ventotene) e per tutti i tempi di ritorno considerati è stato individuato un unico gruppo di accelerogrammi (sulla base dei risultati della disaggregazione in funzione di Sa[T=0.2s]) anziché due. Inoltre, l'estensione del campo di periodi per i quali è verificata la compatibilità spettrale delle selezioni è risultato differente per i vari RP considerati. Nello specifico (Tab. II), per i RP = 30, 50, 72, 101, 140 e 201 anni, la compatibilità spettrale per il singolo gruppo di accelerogrammi selezionato, è verificata nell'intervallo di periodi $t_1 = 0.1$ e $t_2 = 1.5$ s e, per RP = 475 anni, la compatibilità spettrale è limitata all'intervallo di periodi $t_1 = 0.1$ e $t_2 = 1.0$ s. Differente è la situazione nei due Comuni per RP = 975: per Ponza (sigla 6a) la compatibilità è verificata per $t_1 = 0.1$ e $t_2 = 1.0$ s; per Ventotene (sigla 7a) per $t_1 = 0.2$ e $t_2 = 1.0$ s.

Per il tempo di ritorno di 2475 anni occorre sottolineare che la normale procedura di selezione adottata non ha fornito risultati soddisfacenti, pur limitando la compatibilità spettrale all'intervallo di periodi $t_1 = 0.3$ e $t_2 = 1.0$ s, così come suggerito dalle forme degli spettri UHS di riferimento per i due Comuni. A questo proposito, considerando i risultati ottenuti per i *sub-cluster* relativi alla parte peninsulare del territorio regionale, 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. FATTORI DI SCALA ADDIZIONALI PER IL RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI COMPATIBILITA' SPETTRALE STABILITI DALLA NORMATIVA

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 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 vigente (NTC 2018⁵). Per l'approfondimento delle procedure di verifica e di calcolo, si rimanda al Rapporto conclusivo ENEA³.

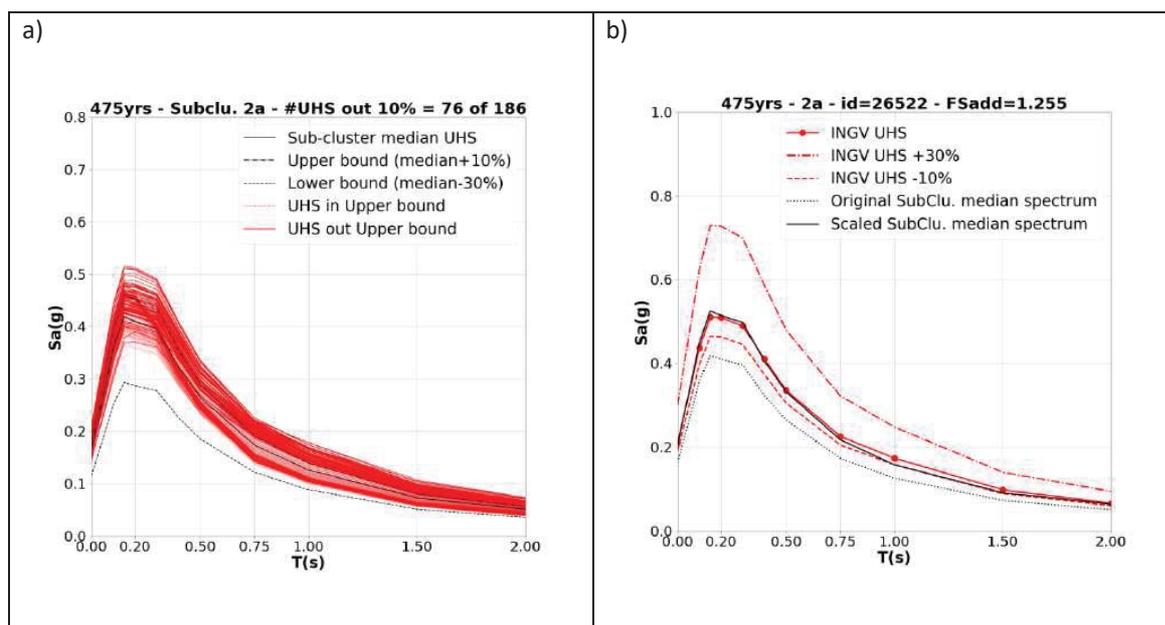


Figura 3: a) Esempio di confronto tra gli spettri UHS dei nodi INGV relativi al modello di pericolosità sismica afferenti al *sub-cluster* 2a ed il relativo spettro di riferimento (linea nera) con i limiti di tolleranza superiore (+10%, linea nera tratteggiata) ed inferiore (-30%, linea nera puntinata); 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 ricadere lo spettro di riferimento del *sub-cluster* e, quindi, lo spettro medio delle registrazioni accelerometriche selezionate, all'interno dei limiti di compatibilità spettrale.

Analizzando lo scarto tra lo spettro di riferimento calcolato per ogni *sub-cluster* 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 rispettata la condizione di compatibilità spettrale prevista dalla normativa tecnica secondo cui la media dei valori di accelerazione spettrale degli accelerogrammi selezionati non deve avere uno scarto con lo spettro UHS per oltre il 10% in difetto o il 30% in eccesso.

Calcolando il valore massimo degli scarti, positivi o negativi, è stato possibile determinare un Fattore di Scala aggiuntivo mediante il quale è possibile far rientrare la media dei valori di accelerazione spettrale entro i limiti di compatibilità stabiliti dalla normativa (Fig. 3b): questi Fattori di Scala aggiuntivi sono stati inseriti nell'applicativo "CAEsAR" a partire dalla versione 1.1.0 del Marzo 2023. Il Soggetto Realizzatore verrà automaticamente informato della necessità o meno di applicare i Fattori di Scala aggiuntivi, attraverso l'uso dell'applicativo "CAEsAR", secondo le modalità descritte nel seguente Paragrafo 5.

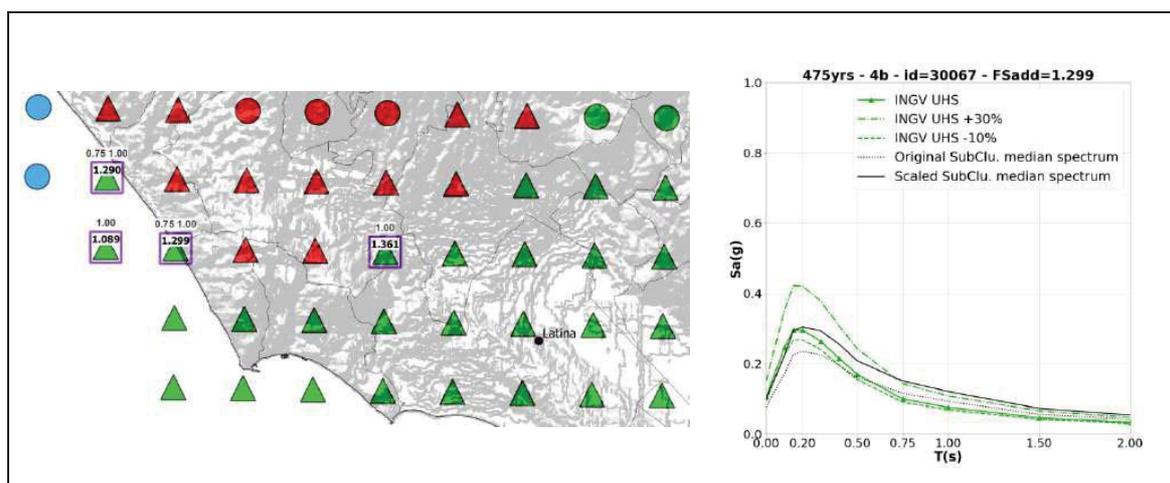


Figura 4: A sinistra stralcio della mappa con i punti per i quali l'applicazione dei Fattori di Scala aggiuntivi necessari per rientrare lo spettro mediano di riferimento del *sub-cluster* e, quindi, il set di registrazioni accelerometriche selezionate, all'interno del limite inferiore di tolleranza 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 mediano 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, l'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 per lo specifico problema di interesse.

5. DISTRIBUZIONE DEI RISULTATI: AGGIORNAMENTO DELL'APPLICATIVO "CAEsAR – hazard Compatible Earthquake Accelerometric Records" VERSIONE 1.3.0

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.

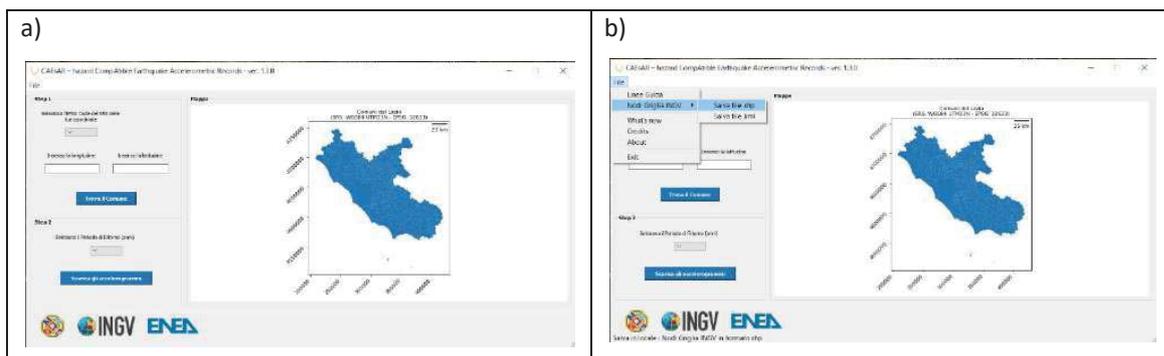


Figura 5: a) schermata di avvio dell'applicativo di diffusione degli accelerogrammi. b) dettaglio del menù "File".

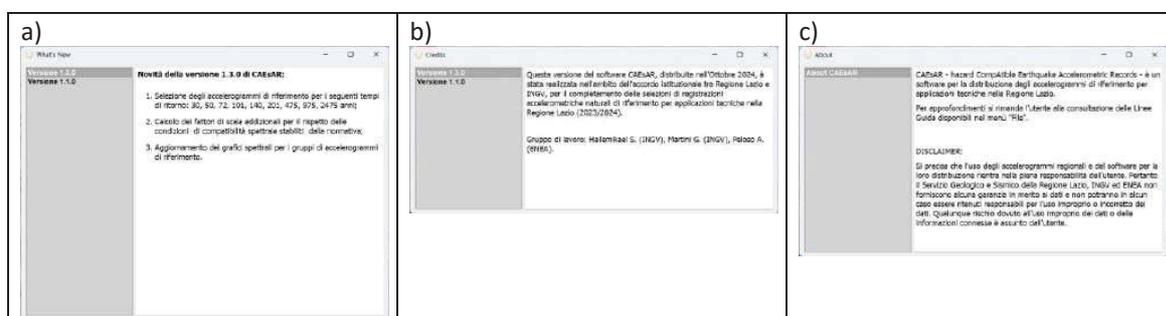


Figura 6: Messaggi accessibili mediante alcune voci del menù a tendina "File". a) "What's new"; b) "Credits"; c) "About".

Il menù "File" (Fig. 5b) permette di accedere a delle voci di sottomenu 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 contenuti nelle versioni 1.1.0 e 1.3.0 ("What's new", Fig. 6a);
- accedere ai "Credits" relativi alle versioni 1.1.0 e 1.3.0 (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 MPS 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 aggiuntivo.

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 menù 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.

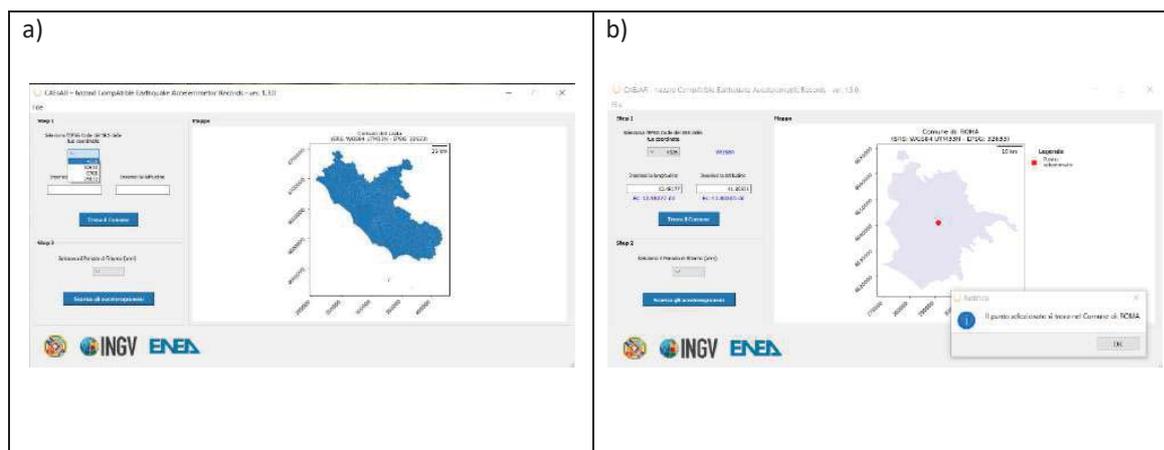


Figura 7: a) Selezione del sistema di riferimento spaziale. b) inserimento coordinate e identificazione del Comune di appartenenza del punto di interesse.

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 menù a tendina che indica i valori compresi tra “30” e “2475”, così come riportato nella Fig.8.

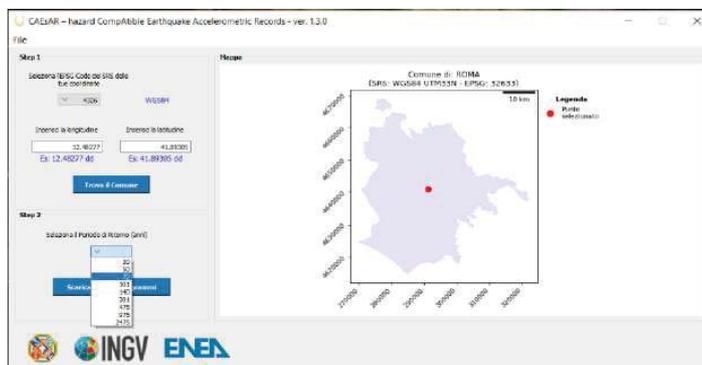


Figura 8: selezione del periodo di ritorno.

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

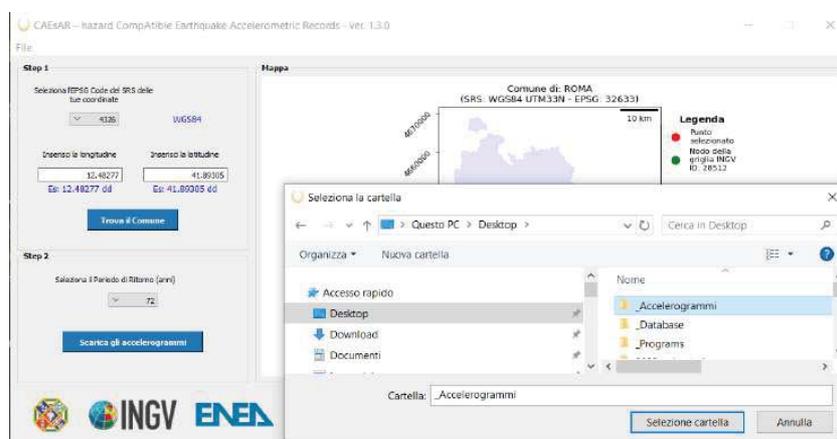


Figura 9: selezione cartella di salvataggio degli accelerogrammi.

In seguito all’operazione di salvataggio, l’utente riceve un avviso nel quale sono indicati l’identificativo univoco del nodo MPS 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.

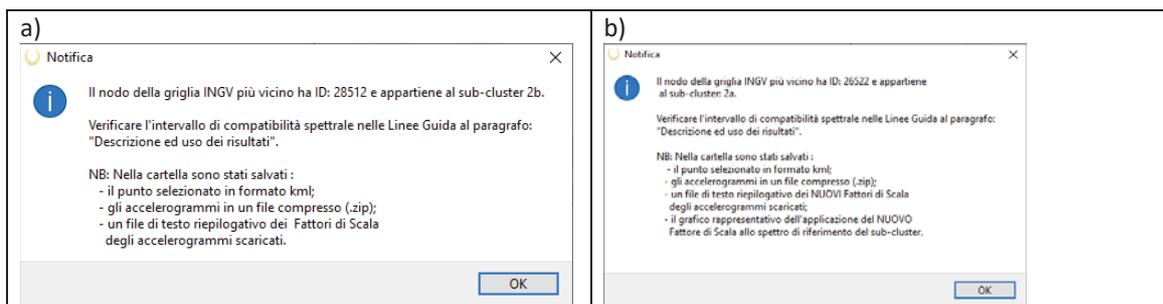


Figura 10: Notifiche di avvenuto salvataggio degli accelerogrammi. a) per i casi in cui andranno utilizzati i Fattori di Scala indicati nei file degli accelerogrammi selezionati; b) per i casi in cui andranno utilizzati i nuovi Fattori di Scala.

a)		b)		
<pre> File Modifica Formato Visualizza ? ***** SELEZIONE da HAZARD 020 ***** Record_name, FSortig IT.LRS.00.HNE.D.IT-1998-0103.ACC, 1.051 RSN1011_NORTHR_WON095.ACC, 1.580 RSN1011_NORTHR_WON185.ACC, 1.026 RSN3954_TOTTORI_SMNH10EW.ACC, 0.708 RSN5618_IWATE_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> File Modifica Formato Visualizza ? Fattore di Scala ADDIZIONALE = 1.255 ***** SELEZIONE da HAZARD 020 ***** Record_name, FSortig, FSnuovo IT.LRS.00.HNE.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_SMNH10EW.ACC, 0.708, 0.889 RSN5618_IWATE_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 un file in formato "png" contenente il grafico con lo spettro di riferimento del sub-cluster ricalcolato e confrontato con i limiti di normativa (vedi esempio di Fig. 3b a Pag. 10).

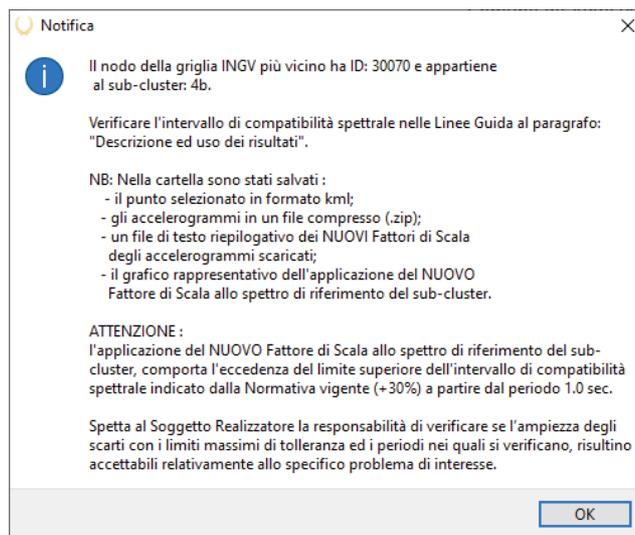


Figura 12: Notifica di avvenuto salvataggio degli accelerogrammi con l'avvertenza che, applicando il Fattore di Scala addizionale, non è assicurata la compatibilità spettrale prevista dalla normativa a partire da un determinato periodo di oscillazione T.

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 MPS (indicato come "Nodo della griglia INGV ID: nnnnn" ed evidenziato in verde) più vicino al punto selezionato.

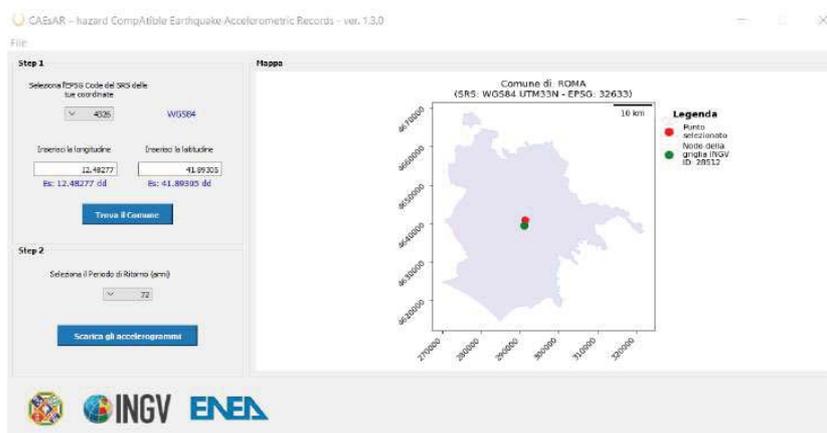


Figura 13: aggiornamento della sezione "Mappa" nell'interfaccia grafica dell'applicativo.

6. ORGANIZZAZIONE DEI DATI DISTRIBUITI

Come già indicato nel precedente paragrafo, 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 i due parametri di scuotimento considerati: un *file* per $Sa[T=0.2s]$ ed un *file* per $Sa[T=1.0s]$. 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).

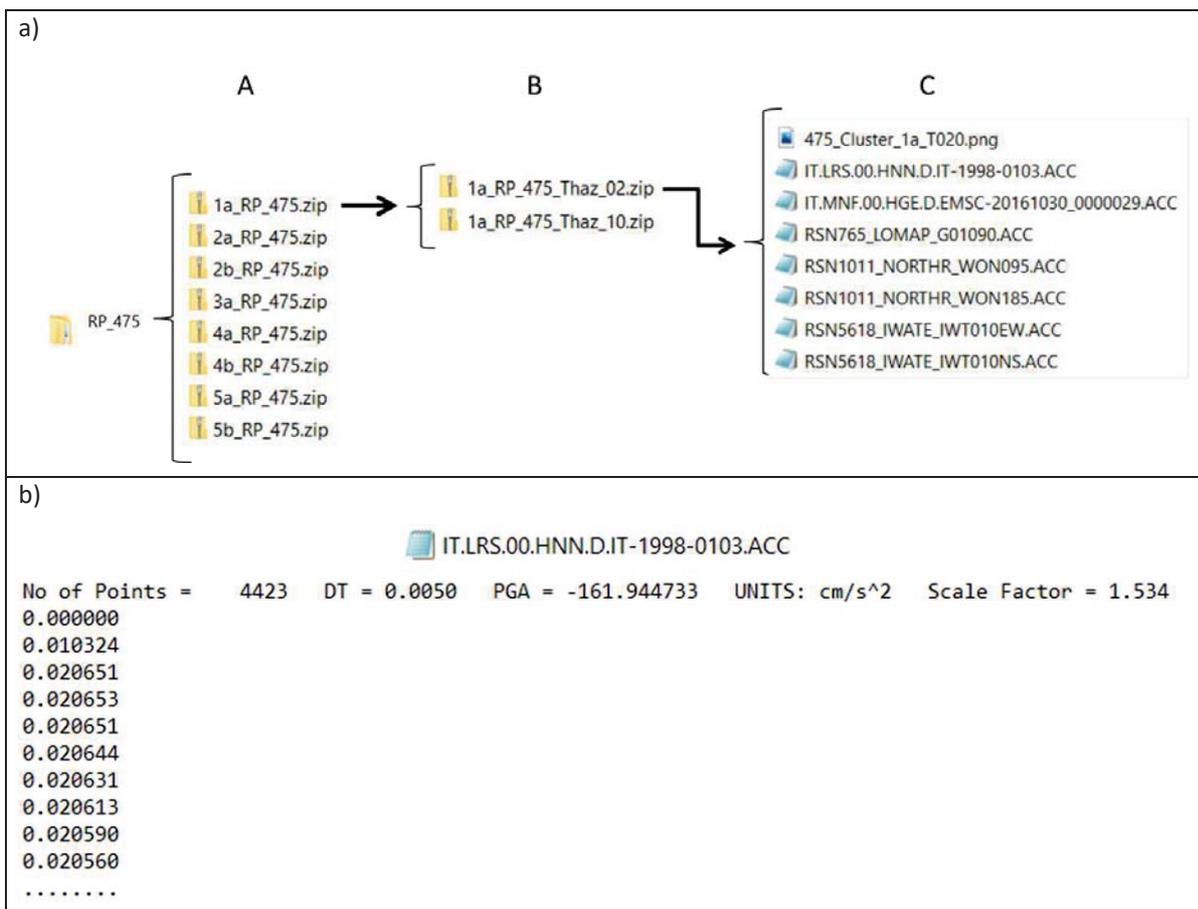


Figura 14: a) Struttura dei dati distribuiti agli utenti, prendendo come esempio quelli relativi ad un RP di 475 anni. b) Esempio di *file* di testo della registrazione accelerometrica.

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 banche dati 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. RNS765_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. 15) fornita 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.

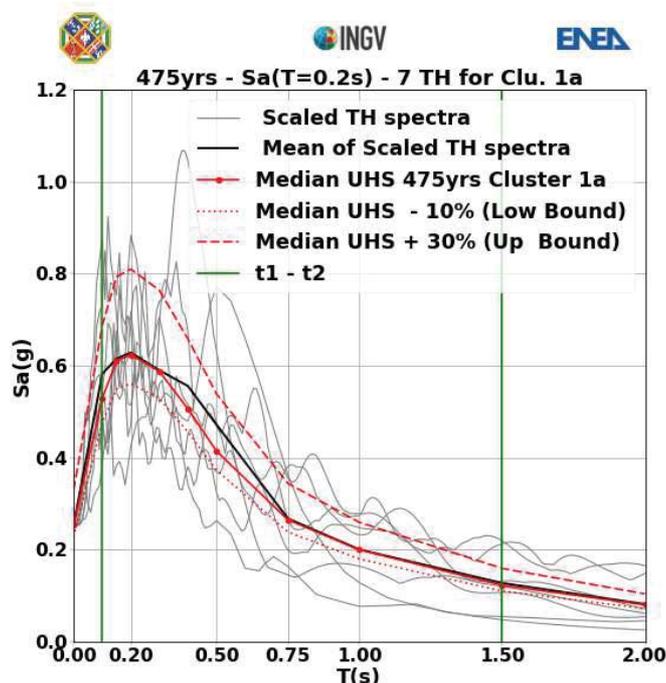


Figura 15: Spettri di risposta delle TH selezionate e andamento dei loro valori medi, confrontati con lo UHS mediano del *sub-cluster* considerato ed i limiti di tolleranza prescritti dalla normativa vigente.

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"¹³

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 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. È 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. 15) e nelle tabelle di testo (Fig. 11 a Pag. 15) 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. 17, 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 "*Scale Factor*" 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.

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.

¹³ 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.

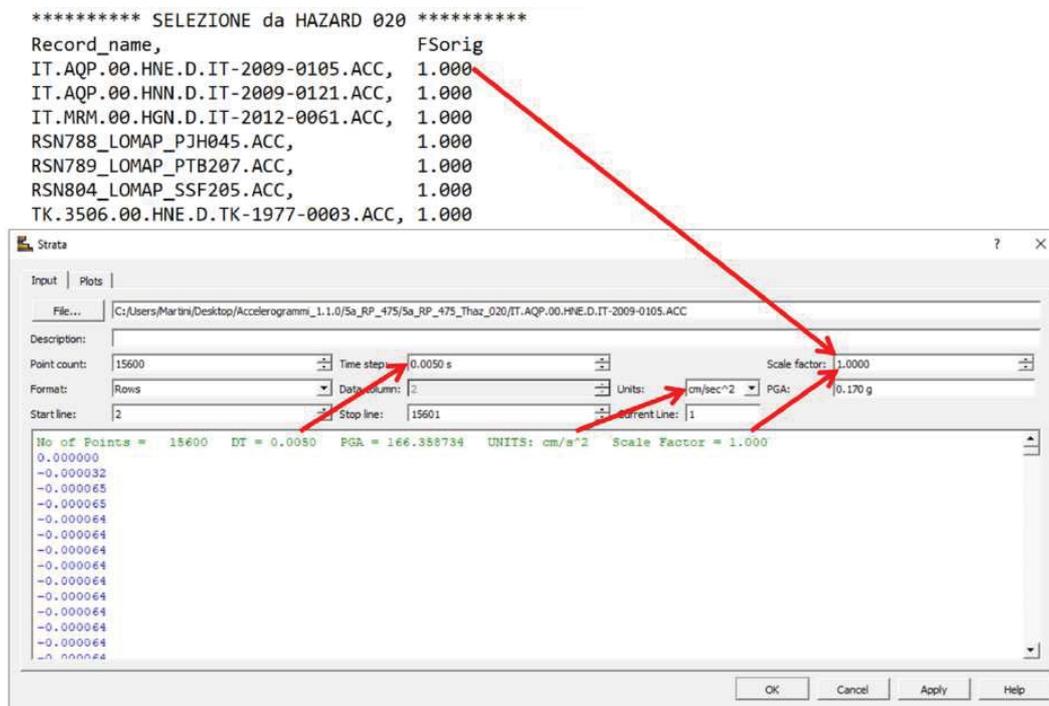


Figura 16: Esempio di *input* per un accelerogramma con fattore di scala SF=1.

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 di 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 di PGA nell'*header* dei *file* distribuiti è sempre riferito alla registrazione originale.

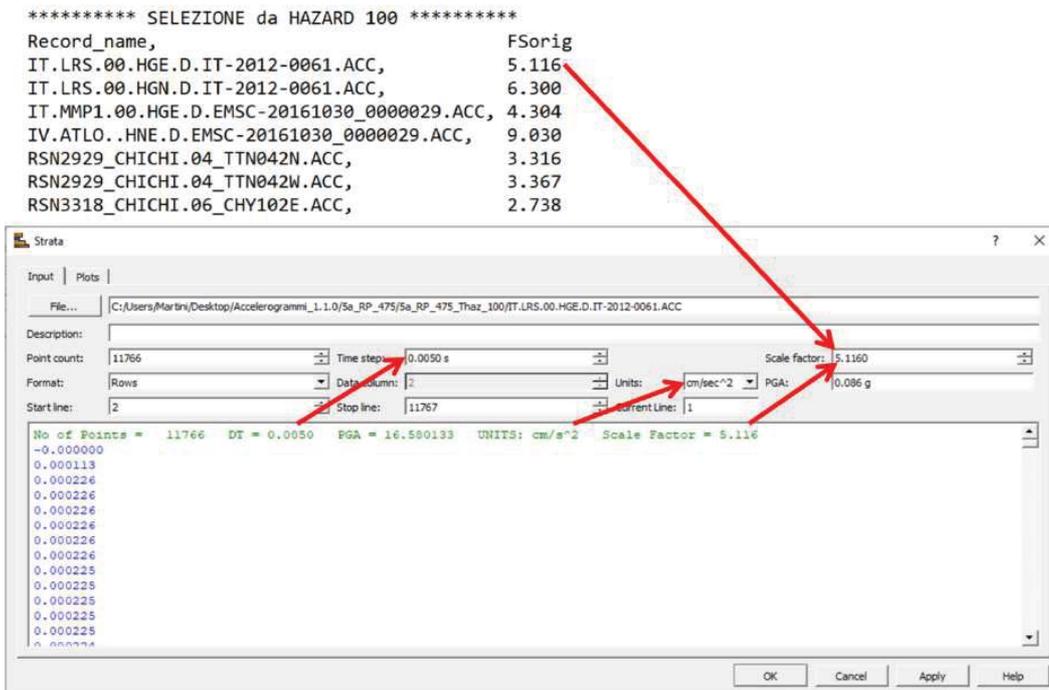


Figura 17: Esempio di *input* per un accelerogramma con fattore di scala SF≠1.

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 di 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 $SF \neq 1$ il valore di PGA impostato nel programma non corrisponde alla PGA originale riportata nell'*header* del *file* di 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/s^2 . 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 $SF \neq 1$ dal programma "Strata": in questi casi nella maschera di riepilogo dei dati di *input* nel *software*, vengono riportati 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_PTB207.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	5.12
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\IV.ATLO.HNE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC		Outcrop (2A)	0.09	11.74	9.03
12	5a_RP_475_Thaz_100\RSN2929_CHICHI.04_TTN042N.ACC		Outcrop (2A)	0.09	8.48	3.32
13	5a_RP_475_Thaz_100\RSN2929_CHICHI.04_TTN042W.ACC		Outcrop (2A)	0.09	10.85	3.37
14	5a_RP_475_Thaz_100\RSN3318_CHICHI.06_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 $SF \neq 1$.

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.

```

***** SELEZIONE da HAZARD 020 *****
Record_name,          FSortig, FSnuovo
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_PTB207.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
    
```

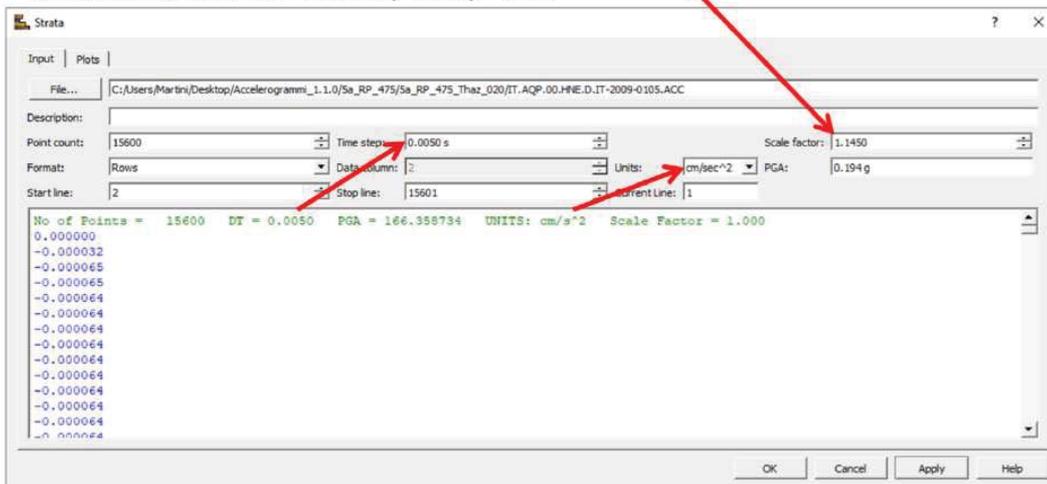


Figura 19: Esempio di input per un accelerogramma originariamente con fattore di scala FS = 1 al quale, per rientrare nei limiti di compatibilità spettrale, andrà applicato un fattore di scala aggiuntivo: la colonna FSnuovo, mostrata nella parte superiore della figura, contiene i parametri da utilizzare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

```

***** SELEZIONE da HAZARD 100 *****
Record_name,          FSortig, FSnuovo
IT.LRS.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC, 5.116, 5.858
IT.LRS.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC, 6.300, 7.213
IT.MMP1.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC, 4.304, 4.928
IV.ATLO.HNE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC, 9.030, 10.339
RSN2929_CHICHI.04_TTN042N.ACC, 3.316, 3.797
RSN2929_CHICHI.04_TTN042W.ACC, 3.367, 3.855
RSN3318_CHICHI.06_CHY102E.ACC, 2.738, 3.135
    
```

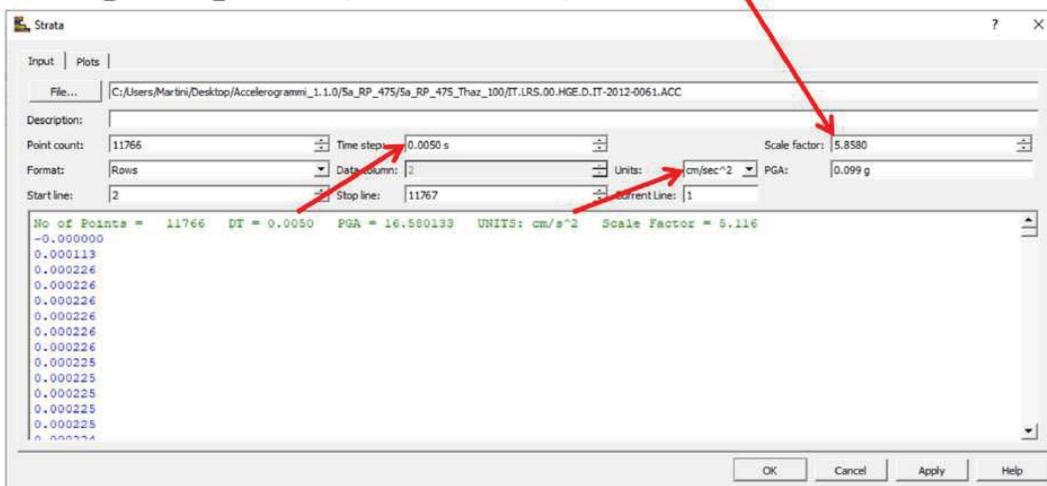


Figura 20: Esempio di input per un accelerogramma originariamente con fattore di scala SF#1 al quale, per rientrare nei limiti di compatibilità spettrale, andrà applicato un fattore di scala aggiuntivo: la colonna FSnuovo, mostrata nella parte superiore della figura, contiene i parametri da utilizzare 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 FS_{nuovo} presente nella tabella di testo riassuntiva comporta la presenza, nella maschera riepilogativa dei dati di *input* di valori di PGA costanti per l’intero set di dati.

	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_PIH045.ACC		Outcrop (2A)	0.10	9.95	1.15
5	<input checked="" type="checkbox"/> 5a_RP_475_Thaz_020\RSN789_LOMAP_PT207.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 $SF \neq 1$.

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, la Direzione regionale Lavori pubblici e Infrastrutture, Innovazione Tecnologica - Area Pareri geologici e sismici, suolo e invasi - Servizio Geologico e Sismico Regionale, INGV 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.