



DIREZIONE AMBIENTE ED ENERGIA

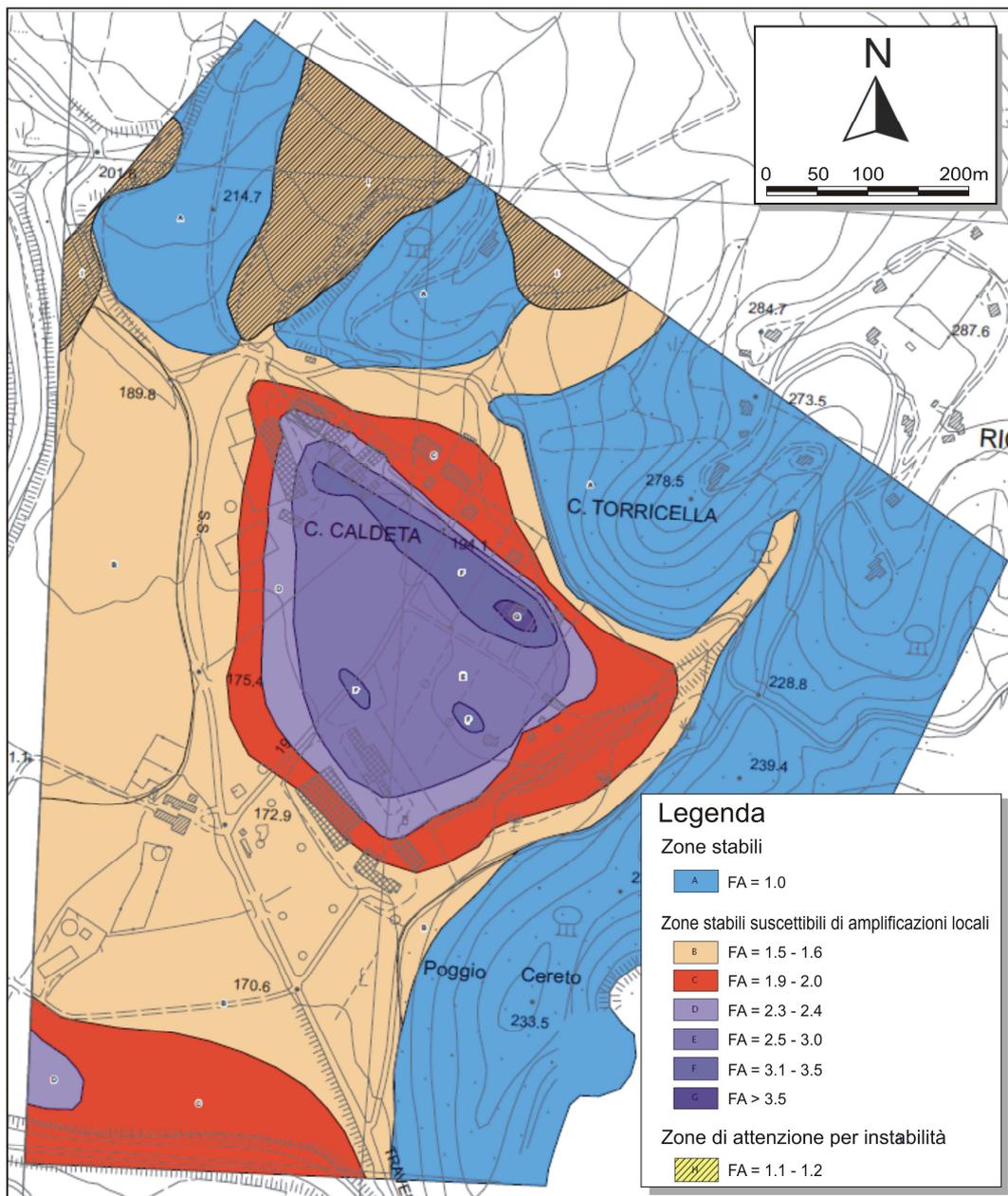
Settore Sismica

Ufficio Prevenzione Sismica

MICROZONAZIONE SISMICA REGIONALE

Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione
di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi della
Condizione Limite per l'Emergenza

(aggiornamento 02/10/2018)



Edizione n. 1 – approvata con Del. G.R.T.n.261/2010
Edizione n. 2 – approvata con Del. G.R.T.n.741/2012
Edizione n. 3 – approvata con Del. G.R.T.n.971/2013
Edizione n. 4 – approvata con Del. G.R.T. n.144/2015
Edizione n. 5 – approvata con Del. G.R.T. n.468/2018
Edizione n. 6 – approvata con Del. G.R.T. n.1162/2018

Il presente allegato si compone di n.74 pagine inclusa la presente ed è comprensivo di n.6 appendici (appendice 1, 2, 3, 4, 5 e 6).

TESTI DI RIFERIMENTO TECNICO:

Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica – GdL DPC/Regioni. Documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008.

Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana - Programma VEL Toscana – Del. GRT. n. 1343 del 18 dicembre 2000 e s.m.e.i.

Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 4.1 - ottobre 2017

Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC) – Conferenza delle Regioni e Provincia Autonome – Presidenza Consiglio dei Ministri (DPC) - Versione 1.0 – Giugno 2015

Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 1.0 – Marzo 2017

Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 2.1 – Gennaio 2018

Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano - AA.VV., BetMultimedia, Roma 2014

Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per le Analisi CLE – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 3.0.1 - settembre 2015

NORMATIVE DI RIFERIMENTO:

EC8-1 – Design of Structures for earthquake resistance, part.1: General rules, seismic action and rules for building

Legge n. 77 del 24 Giugno 2009 – Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13 Novembre 2010 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007 del 29 Febbraio 2012 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

Ordinanza del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 52 del 20 Febbraio 2013 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

Ordinanza del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 171 del 19 Giugno 2014 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

Ordinanza del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 293 del 26 Ottobre 2015 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

Ordinanza del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 344 del 9 Maggio 2016 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

Ordinanza del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 532 del 12 Luglio 2018 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

Decreto Ministeriale Infrastrutture e Trasporti del 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (non più in vigore)

Circolare Esplicativa del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 02/02/2009 alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

Decreto Ministeriale Infrastrutture e Trasporti del 17.01.2018 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

Legge Regionale n. 56 del 30 luglio 1997 – Interventi sperimentali di prevenzione per la riduzione del rischio sismico.

Legge Regionale n. 58 del 16 ottobre 2009 – Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico.

Legge Regionale n. 65 del 10 novembre 2014 – Norme per il governo del territorio

Delibera di G.R.T. n. 421 del 26 Maggio 2014 – Approvazione della Classificazione sismica regionale.

Delibera di G.R.T. n. 841 del 26 novembre 2007 – Individuazione dei Comuni a maggior rischio sismico.

D.P.G.R. del 27 Aprile 2007 n. 26R – Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

D.P.G.R. del 25 Ottobre 2011 n. 53R – Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

Delibera di G.R.T. n. 261 del 18 Aprile 2011 – Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione Sismica (annualità 2010).

Delibera di G.R.T. n. 741 del 6 Agosto 2012 – Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione Sismica (annualità 2011).

Delibera di G.R.T. n. 971 del 25 Novembre 2013 – Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione Sismica (annualità 2012).

Delibera di G.R.T. n. 144 del 23 Febbraio 2015 – Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione Sismica (annualità 2013).

Delibera di G.R.T. n. 1040 del 25 novembre 2014 – Approvazione del piano operativo regionale di protezione civile

INDICE

1.0. PREMESSA	Pag. 5
2.0 MODALITÀ E CONDIZIONI MINIME PER LA REALIZZAZIONE DEGLI STUDI: LIVELLI DI MCS.....	Pag. 14
3.0 TERRITORI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MS.....	Pag.21
4.0 SOGGETTI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MS.....	Pag. 23
5.0 CRITERI E MODALITA' OPERATIVE PER LA PERIMETRAZIONE DELLE CARTOGRAFIE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1.....	Pag. 25
6.0 CRITERI E MODALITA' OPERATIVE PER LA STESURA DELLE CARTOGRAFIE DI LIVELLO 2.....	Pag. 30
7.0 CRITERI E MODALITA' OPERATIVE PER LA STESURA DEGLI STUDI DI MS DI LIVELLO 3	Pag. 39
8.0 MODALITÀ DI RECEPIMENTO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEGLI STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI	Pag. 47
9.0 MODALITÀ DI RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI FINALI.....	Pag. 48
10.0 REDAZIONE DELLE ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA NELL'AMBITO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	Pag.49
11.0 MODALITÀ DI FINANZIAMENTO E TEMPISTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEGLI STUDI	Pag. 53
12.0 MODALITÀ DI CONTROLLO E CERTIFICAZIONE DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	Pag. 55
<u>APPENDICE 1</u> – GUIDA PER IL RECUPERO DATI PREGRESSI NELL'AMBITO DELLO STUDIO DI MS DI LIVELLO 1.....	Pag. 56
<u>APPENDICE 2</u> – PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA PER STABILIRE LA QUALITÀ DELLA CARTA DI LIVELLO 1.....	Pag. 59
<u>APPENDICE 3</u> – LEGENDA TIPO PER L'IMPOSTAZIONE DELLA CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI TERRENI.....	Pag. 62
<u>APPENDICE 4</u> – INDICAZIONI SULLE INDAGINI DEL LIVELLO 1 DI MS.....	Pag. 63
<u>APPENDICE 5</u> – ABACHI REGIONALI PER LA STESURA DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE DI LIVELLO 2.....	Pag. 65
<u>APPENDICE 6</u> – CHECK LIST PER L'IDENTIFICAZIONE DI FAGLIE ATTIVE E CAPACI NEGLI STUDI DI MS1	Pag. 73

1.0. PREMESSA

Il 23 Luglio 2018 è stata pubblicata sul n. 169 della Gazzetta Ufficiale l'**Ordinanza CDPC n. 532/18 del 12/07/2018**, che disciplina i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, relativamente all'annualità 2016.

Tale Ordinanza fa riferimento alle precedenti **Ordinanza DPC n. 3907/10, n.4007/2012 e CDPC n.52/2013, n.171/2014, n.293/2015 e n.344/2016** che disciplinano i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico previsti dall'art.11 della legge 77 del 24 giugno 2009 relativamente ai fondi disponibili per l'annualità 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015.

All'interno dell'O.C.D.P.C. n.532 viene stabilito un finanziamento per l'annualità 2016, pari a 43,56 milioni di euro, ripartito tra le Regioni per una serie di attività e interventi di prevenzione sismica, tra cui 8 milioni di euro per indagini di microzonazione sismica. Inoltre, tramite il Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dip.to di Protezione civile del 9 Agosto 2018, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 224 del 26 Settembre 2018, è stato assegnato alla Regione Toscana, per l'annualità 2016, un finanziamento pari a 330.916,54 euro per indagini e studi di Microzonazione Sismica.

Questi finanziamenti saranno erogati alle Regioni, tramite contributi a cui le stesse regioni e gli enti locali dovranno prevedere un relativo cofinanziamento in misura non inferiore al 25% del costo degli studi di Microzonazione.

Le Regioni dovranno:

- Gestire i finanziamenti per le attività di microzonazione sismica (di seguito indicati con la sigla MS) che dovranno essere destinati a studi di microzonazione almeno di livello 1 e per le attività di redazione delle Analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza (di seguito indicate con la sigla CLE);
- Individuare con proprio provvedimento i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi e indagini di MS e delle analisi CLE;
- Predisporre le specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi, individuando anche le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS e CLE in fase pianificatoria;
- Provvedere alla selezione dei soggetti realizzatori dei progetti di studi di MS nelle aree interessate e delle ulteriori analisi CLE, definendone anche le relative tempistiche per la realizzazione.

Il documento tecnico di riferimento generale per la realizzazione degli studi è rappresentato dagli "**Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica**" (di seguito indicato con la sigla ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

Nella sua interezza il documento nazionale intende costituire un elemento utile all'approfondimento della pericolosità sismica locale, necessario all'analisi del rischio sismico, applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione. Il documento individua e determina criteri, metodi e procedure per l'esecuzione di azioni di microzonazione a diverse scale e con diversi livelli di approfondimento.

Tale documento, costituisce il riferimento principale anche per la Regione Toscana che, con precedente Deliberazione di G.R.T. n. 261/2011 lo ha recepito ed adottato nell'ambito del proprio territorio, anche per gli aspetti tecnici connessi con la revisione degli strumenti urbanistici comunali previsti ai sensi del Regolamento Regionale 53R/2011. Nell'ambito del suddetto documento sono stati previsti livelli di approfondimento differenziati per le indagini e studi di MS in funzione sia della pericolosità sismica del territorio regionale indagato e del contesto geologico-tecnico, sia del quadro conoscitivo presente, sia delle risorse economiche messe a disposizione.

Pertanto, a seguito di una serie di riunioni tecniche, il Settore Sismica della Regione Toscana ha predisposto il presente documento tecnico per l'utilizzo degli studi di MS in ambito regionale.

Tale documento, sostituisce integralmente ed amplia le precedenti specifiche tecniche regionali per la redazione di indagini e studi di MS approvate con Deliberazioni di G.R.T. n.261/2011, 741/2012, 971/2013, 144/2015 e 468/2018.

Il presente documento è stato redatto sulla base di quanto richiesto all'art. 5, comma 3) e all'art. 6 comma 1) e 2) dell'Ordinanza CDPC n. 532/18, e prende come riferimento generale gli ICMS e per quanto non contemplato le Istruzioni Tecniche Regionali del Programma Regionale VEL ed è stato predisposto per le seguenti finalità:

- 1) Definizione delle specifiche di realizzazione delle indagini e studi di MS regionale e per le analisi CLE;
- 2) Selezione dei territori e/o delle aree nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MS e delle analisi CLE;
- 3) Selezione dei soggetti che saranno coinvolti nella predisposizione ed esecuzione degli studi di MS e delle analisi CLE;
- 4) Modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS e delle analisi CLE in fase di pianificazione urbanistica;
- 5) Modalità di rappresentazione dei risultati finali;
- 6) Modalità di finanziamento e tempistiche per la realizzazione degli studi;
- 7) Modalità di certificazione degli studi di MS e analisi CLE.

Questo documento, stabilisce quindi la procedura regionale per la realizzazione degli studi di MS e delle analisi CLE nella Regione Toscana ed è predisposto con l'obiettivo di consentire al mondo professionale e alle Amministrazioni locali interessate, la realizzazione di studi di MS e delle analisi CLE in modo omogeneo, efficace ed modulata in funzione della pericolosità sismica e del contesto geologico s.l. del territorio.

Si precisa che l'avvio dello studio di MS a livello regionale riveste ancora un carattere sperimentale e pertanto le presenti specifiche tecniche potranno essere aggiornate e/o integrate nel corso dello studio di MS al fine di migliorarne l'applicabilità in relazione al contesto geologico-tecnico locale.

Tale studio infatti deve essere inteso come "fase pilota" anche sotto il profilo della gestione economico-amministrativa, in quanto i canali di finanziamento statali previsti dalle ord. PCM 3907/2010, 4007/2012, CDPC n. 52/2013, n.171/2014, n.293/2015, n.344/2016 e n. 532/18 e dai relativi decreti attuativi riveste un carattere innovativo e pertanto anche da questo punto di vista, all'interno del presente documento, potranno essere apportate delle miglorie e/o modifiche procedurali, nel corso degli anni.

Pertanto, se necessario, tale documento sarà aggiornato annualmente sulla base delle utili indicazioni che saranno acquisite nel corso dell'avanzamento dello studio di MS e delle analisi CLE.

1.1 Generalità

Con il termine rischio sismico (R) sono identificati e valutati (espressi come danni attesi), l'insieme dei possibili effetti che un terremoto di riferimento può produrre in un determinato intervallo di tempo, in una determinata area, in relazione alla sua probabilità di accadimento ed al relativo grado di intensità (severità del terremoto).

Per la valutazione del rischio (R) è indicata la seguente espressione:

$$R = P \times V \times E$$

dove:

P = Pericolosità sismica

V = Vulnerabilità degli edifici e del sistema urbano

E = Esposizione

La **pericolosità sismica (P)** esprime la probabilità che, in un certo intervallo di tempo, in una certa porzione di territorio si possa verificare uno scuotimento caratterizzato da una determinata intensità.

Nella definizione di pericolosità in prima istanza è possibile operare la distinzione tra pericolosità di base e pericolosità locale.

La pericolosità sismica di base è la misura dello scuotimento su suolo rigido o roccia, atteso in un dato sito, e dipende :

- dalle caratteristiche sismotettoniche;
- dalla modalità di rilascio dell'energia alla sorgente;
- dalla propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito.

Tale pericolosità sismica di base, definita **ai sensi del D.M. 17/01/2018**, fornisce quindi in termini probabilistici, per una determinata regione e per un determinato periodo di tempo, i valori, corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto. Essa si riferisce a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento. La macrozonazione sismica di un territorio descrive la pericolosità sismica di base attesa in ogni punto.

La pericolosità sismica locale è la misura dello scuotimento al sito, che può differire dallo scuotimento di base in quanto dipendente dalle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, e geotecniche locali. E' noto che le caratteristiche dello scuotimento del terreno sono fortemente influenzate dalle condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali che modificano, a volte in modo significativo, il moto sismico corrispondente alla pericolosità sismica di base. Tali modificazioni sono note in letteratura come effetti di sito o alternativamente amplificazione/deamplificazione sismica locale. La quantificazione degli effetti di sito rientra negli studi di microzonazione sismica.

L'**esposizione (E)** è una misura dell'importanza dell'oggetto esposto al rischio in relazione alle principali caratteristiche dell'ambiente costruito. Consiste nell'individuazione, sia come numero che come valore, degli elementi componenti il territorio o la città, il cui stato, comportamento e sviluppo può venire alterato dall'evento sismico (il sistema insediativi, la popolazione, le attività economiche, i monumenti, i servizi sociali).

La **vulnerabilità (V)**, consiste nella valutazione della possibilità che persone, edifici o attività subiscano danni al verificarsi dell'evento sismico. Misura da una parte la perdita o la riduzione di efficienza, dall'altra la capacità residua a svolgere ed assicurare le funzioni che il sistema territoriale nel suo complesso esprime in condizioni normali. Ad esempio, nel caso di edifici, la vulnerabilità dipende dalla tipologia dei materiali utilizzati, dalle caratteristiche costruttive e dallo stato di manutenzione ed esprime la loro capacità di resistere al sisma.

1.2 Microzonazione Sismica

L'attività di valutazione su un territorio (alla scala comunale) delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche locali e dalle condizioni topografiche locali viene chiamata **microzonazione sismica (MS)**.

Tale attività rientra in un quadro più generale nei programmi di prevenzione e di mitigazione degli effetti di un terremoto, in cui è necessario individuare in via preliminare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre a studi particolareggiati.

Si definiscono "**condizioni locali di sito**":

- la geologia e la geomorfologia locale;
- condizioni geotecniche e stratigrafiche locali;
- prossimità ad una faglia sismicamente attiva.

Le condizioni locali di sito sono responsabili degli effetti locali di sito che possono schematicamente essere così riassunti:

- modifica delle caratteristiche dello scuotimento rispetto a quanto definito in termini di pericolosità di base;

- fenomeni di instabilità del terreno.

Per ciò che attiene alla modifica del moto sismico, si tratta di definire la pericolosità sismica locale. Ciò comporta in generale un'amplificazione del moto sismico, la cui causa è riconducibile a motivi stratigrafici (presenza di depositi soffici poggianti su substrato roccioso), topografici (amplificazione del moto sismico lungo pendii o alla sommità di scarpate o pendii) oppure riferibile alla presenza di particolari geometrie sepolte, in grado di modificare le caratteristiche del moto sismico sia in termini di intensità sia per quanto concerne il contenuto spettrale.

Per ciò che attiene ai fenomeni di instabilità dei terreni e delle rocce gli aspetti rilevanti sono quelli che riguardano:

- liquefazione e/o densificazione dei depositi sabbiosi;
- eccessivi cedimenti e deformazioni permanenti del suolo;
- instabilità di pendio in terreni e roccia;
- attività di faglia.

Danni consistenti possono ricorrere quando la frequenza di risonanza di un terreno (depositi alluvionali, falde di detrito) raggiunta durante un evento sismico corrisponde a quella propria dell'edificio (fenomeno della doppia risonanza).

La **pericolosità di base** è di norma definita mediante approccio di tipo probabilistico. In generale, per la determinazione della pericolosità di base è necessario definire:

- la sismicità storica;
- le zone sismogenetiche;
- le relazioni di attenuazione;
- le leggi di ricorrenza.

A tal fine è necessario raccogliere e interpretare dati e informazioni riguardanti la sismicità regionale, la sismo-tettonica, dati e registrazioni ottenuti da reti sismiche nazionali e locali.

Per quanto riguarda la stima della **pericolosità sismica locale**, essa è da ricondurre ad una serie di caratteri geologico-tecnici di un'area più o meno ampia che viene presa in esame. Tali caratteri geologico tecnici come è noto riguardano: la morfologia di superficie, la morfologia sepolta, le litologie, le caratteristiche fisico meccaniche, le condizioni idrogeologiche s.l. Queste condizioni infatti oltre ad essere causa di possibile amplificazione degli effetti sismici possono provocare i cosiddetti fenomeni indotti, quali: attivazione e rimobilizzazione di fenomeni gravitativi, liquefazione in terreni granulari saturi, deformazioni permanenti in terreni di fondazione.

La valutazione degli effetti locali di amplificazione del moto sismico e quindi la pericolosità sismica locale sono di norma valutati attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno.

Tutti i dati così acquisiti saranno organizzati in banche dati geografiche (GIS) al fine di omogeneizzare le procedure di acquisizione, archiviazione e gestione oltre che per la rappresentazione cartografica.

A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 17.01.2018) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

Uno degli aspetti più importanti di queste normative è quello di definire e di valutare l'amplificazione sismica dei terreni sulla base della definizione del parametro V_s , cioè della velocità delle onde di taglio.

In questa direzione già da diversi anni si sta muovendo la Regione Toscana attraverso il **Programma di Valutazione degli Effetti Locali (VEL)**, nell'ambito del quale sono state migliorate e/o sviluppate metodologie di valutazione degli effetti locali basate su misure sistematiche delle velocità delle onde sismiche trasversali effettuate con varie tecniche (sismica a rifrazione con onde di taglio, prove down-hole, etc...). Tale metodologia, estesa esclusivamente ai Comuni definiti a maggior rischio sismico della Toscana (di cui alla Del. GRT n. 841/2007) rappresenta una procedura di tipo analitico di valutazione degli effetti locali. Per tutti i Comuni toscani (ad eccezione di quelli classificati in zona sismica 4), a seguito dell'entrata in vigore del Regolamento Regionale 26/R, sono state applicate metodologie per la valutazione degli effetti locali prevalentemente di tipo qualitativo ed a basso costo (Carte delle Zone a Maggiore Pericolosità Sismica Locale) cercando comunque di verificarne e di valutarne il grado di soggettività e qualità con successive metodologie e sperimentazioni. Successivamente con l'entrata in vigore del recente Regolamento Regionale

53/R, le metodologie per la valutazione degli effetti locali sono state ulteriormente affinate mediante la necessità (per tutti i Comuni classificati sismici tranne quelli in zona 4) di effettuare studi di Microzonazione Sismica.

In ambito nazionale, la microzonazione sismica (di seguito denominata MS) costituisce ormai un valido e riconosciuto strumento per analizzare la pericolosità sismica locale applicabile sia in fase di pianificazione urbanistica, sia in fase di progettazione che in fase emergenziale.

Il documento di riferimento nazionale è rappresentato dagli “**Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica**” (di seguito denominato come ICMS) approvati dalla Conferenza delle Regioni in data 13 novembre 2008. Tale documento nazionale rappresenta un utile documento per gli studi e le analisi relative alla MS, applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione.

La pubblicazione è il risultato dell'attività di un gruppo di oltre 100 tecnici ed esperti, che hanno condiviso un percorso di lavoro con le Regioni, le Province autonome e il Dipartimento della Protezione civile, potenziali attori delle politiche di intervento sul territorio finalizzate alla riduzione del rischio sismico. La Regione Toscana ha partecipato attivamente alla stesura del documento fornendo utili osservazioni alla luce dell'esperienza ormai decennale acquisita nell'ambito del Programma Regionale VEL. In particolare, preme sottolineare, che le “*Istruzioni Tecniche Regionali relative alla realizzazione delle indagini geologico-tecniche, geofisiche, geotecniche finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana*” adottate in Toscana nell'ambito del suddetto programma, sono state interamente acquisite ed integrate nel documento nazionale degli ICMS.

Nei citati ICMS vengono definite le procedure, le metodologie di analisi al fine di individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

La realizzazione di uno studio di MS, secondo quanto esplicitato nei suddetti ICMS, è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità, che ha costi differenziati in funzione del livello di approfondimento.

Al momento di decidere l'esecuzione e il livello dello studio, occorre tener presente l'utilità che da esso può derivare, in modo da compararla con i costi da affrontare. Il miglioramento della conoscenza prodotto dagli studi di MS può contribuire concretamente, insieme a studi di vulnerabilità ed esposizione, all'ottimizzazione delle risorse rese disponibili per interventi mirati alla mitigazione del rischio sismico.

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, esecuzione di nuove indagini in situ e realizzazione di elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;
- il **livello 2** introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di MS;
- il **livello 3** restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

1.3 Il Programma Regionale VEL

Il Programma regionale di valutazione degli effetti locali (**Programma VEL**) si colloca nell'ambito della L.R. n. 56 del 30.07.1997 relativa agli interventi sperimentali per la riduzione del rischio sismico. La suddetta legge è stata successivamente aggiornata ed integrata con la L.R. n. 58 del 16.10.2009 inerente le norme regionali in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico.

La fase sperimentale del progetto ha interessato i principali centri urbani della Lunigiana, Garfagnana e Media Valle del Serchio. In queste zone è stata messa a punto la metodologia operativa che è stata poi adottata anche in altre zone classificate a maggior rischio sismico della Toscana quali il Mugello, la Valtiberina, il Casentino e l'Amiata.

L'obiettivo prioritario del Programma VEL è quello di valutare ed individuare all'interno di ambiti territoriali a scala subcomunale (frazioni e centri), le aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale in corrispondenza di un terremoto atteso, definendo così i possibili effetti sui principali centri urbani e sui singoli edifici strategici e rilevanti in modo da poter fornire agli enti locali informazioni e parametri utili alla progettazione edilizia e pianificazione urbanistica.

In particolare, in questo progetto, per ognuno dei centri urbani individuati, è previsto l'avvio di una serie di attività e di indagini volte alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geotecniche, geofisiche e strutturali dei terreni in funzione dei possibili effetti di amplificazione e di instabilità connessi con un evento sismico.

Gli obiettivi delle singole attività sono nello specifico quelli di:

- concentrare le indagini ed i rilievi nei centri urbani più significativi in termini di esposizione al rischio sismico;
- mettere a confronto più metodologie di indagini per valutare le differenze non solo in termini di risultati e di attendibilità in relazione alle varie situazioni stratigrafiche incontrate ma anche sotto il profilo delle difficoltà di attuazione di tipo logistico e dei costi;
- mettere a confronto più approcci di modellazione numerica per valutare diversi aspetti dell'amplificazione locale (non-linearità, amplificazione stratigrafica, effetti 2D);
- valutare più approcci per la determinazione dell'input sismico (probabilistico, deterministico ed energetico);
- sperimentare nuove metodologie di indagine sia in ambito geofisico che geotecnico e verificarne l'applicabilità in relazione alle diverse problematiche geologico- strutturali.

I dati geologici, geotecnici e geofisici ad oggi acquisiti, hanno permesso di:

- verificare e approfondire le conoscenze geologiche del sottosuolo (con cartografie, sezioni geologiche, logs stratigrafici, sezioni sismostratigrafiche);
- caratterizzare per i siti investigati le unità geologiche in termini di velocità delle onde sismiche di taglio (Vsh) e il coefficiente di Poisson dinamico;
- determinare per le unità geologiche campionabili i parametri geotecnici dinamici (curva di decadimento del modulo di taglio, l'incremento dello smorzamento a crescere della deformazione, il coefficiente di Poisson dinamico).

Tali parametri permetteranno la caratterizzazione sismica dei terreni secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 (Le Norme Tecniche sulle Costruzioni).

Le indagini di esplorazione multidisciplinare del sottosuolo, realizzate nell'ambito delle attività del Progetto VEL, riguardano due differenti scale d'indagine, relative a differenti obiettivi strategici:

1. APPROCCIO PUNTUALE: Valutazione Vulnerabilità sismica dei singoli edifici (strategici e/o rilevanti), finalizzata alla progettazione ed all'adeguamento sismico (tramite fondi statali relativi alla Legge 23/1996, L. 298/2002 e O.P.C.M. 3362/04 – 3505/06 e s.m.e.i.; tramite fondi regionali L.R.58/2009);
2. APPROCCIO AREALE (scala 1:2000): Valutazione degli effetti locali in centri urbani, finalizzata alla pianificazione urbanistica (L.R.58/2009).

Il programma delle attività è improntato su una filosofia operativa di tipo multidisciplinare ed analitica, assimilabile al livello 3 come meglio definito dagli I&C di Microzonazione Sismica, che prede come riferimento i criteri e le metodologie operative definite ed illustrate nelle Istruzioni Tecniche Regionali e si articola nelle seguenti fasi:

FASE 0. Individuazione delle aree oggetto di indagine

Per ognuno dei Comuni sono definite le aree oggetto delle indagini sulla base di alcuni criteri morfologici, geologici e antropici di interesse ai fini della valutazione degli effetti locali;

FASE 1. Redazione e aggiornamento delle Istruzioni tecniche regionali con l'obiettivo di fissare i criteri e gli standard previsti per l'esecuzione dei rilievi superficiali e delle indagini geofisiche e geotecniche di esplorazione del sottosuolo;

FASE 2. Realizzazione di cartografia geologica e geomorfologica in scala 1:2.000 o 1:5.000 ed individuazione della sezione geologica significativa, al fine di acquisire strumenti cartografici di dettaglio alla scala del centro urbano, in relazione soprattutto alla ricostruzione delle geometrie delle unità geologiche presenti, con particolare riferimento agli spessori delle coperture.

FASE 3. Campagna di indagini di sismica a rifrazione con onde P e SH, in grado di fornire una parametrizzazione geometrica e fisico-meccanica, in assetto bidimensionale, finalizzata all'estensione nel sottosuolo delle conoscenze di superficie, nei limiti intrinseci della metodologia e connessi alla logistica delle aree indagate;

FASE 4. Approfondimento delle indagini: Sulla base dei risultati delle indagini sismiche di superficie, vengono realizzate indagini di dettaglio, quali sondaggi geognostici (con prelievo di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio in campo statico e dinamico) e prove Down-hole, per una migliore e puntuale definizione del profilo sismostratigrafico;

FASE 5. Definizione del modello geologico-tecnico, dell'input sismico ed esecuzione dell'analisi di amplificazione: a seguito della realizzazione di sezioni litostratigrafiche e della parallela definizione di un input sismico significativo (eseguito su base deterministica, probabilistica o energetica) vengono realizzate analisi numeriche in campo mono e bidimensionale, al fine di fornire una stima quantitativa della risposta sismica locale;

FASE 6. Definizione dei parametri (spettri di risposta e fattori di amplificazione) da fornire ai comuni per la progettazione di nuovi edifici e per gli interventi di adeguamento e miglioramento sugli edifici esistenti;

FASE 7. Realizzazione di un banca dati geografica (GIS) dei dati acquisiti mediante le indagini geologiche, geotecniche e geofisiche: Lo scopo principale è quello di poter gestire un quantitativo ingente di informazioni provenienti da diverse discipline e di integrare tali dati in modo oggettivo e dinamico, in modo da poterli modificare e aggiornare nel corso del progetto ed utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente (comuni e singoli professionisti) o l'analisi con diversi metodi.

FASE 8 - Redazione di cartografie di microzonazione sismica da fornire agli Enti Locali ed ai professionisti al fine di integrare lo strumento conoscitivo del territorio e costituire la base conoscitiva da utilizzare anche ai fini urbanistici.

Il Settore Sismica (di seguito SSR) della Regione Toscana, ormai da oltre 15 anni svolge attività di indagini e studi di microzonazione sismica nei comuni a maggior rischio sismico della Toscana, nell'ambito delle attività del Programma regionale VEL.

Le attività di indagine sono state svolte, allo stato attuale, in circa 90 Comuni classificati in zona sismica 2 (di cui alla Del. G.R.T. 421 del 26.05.2014), per un totale di circa 207 centri urbani. Per ogni Comune sono stati realizzati rilievi geologici e geomorfologici in scala 1:2.000 (totale di circa 37.300 ha di superficie per un totale di circa 1.000 fogli), indagini geofisiche di sismica a rifrazione con onde P e SH (circa n. 1300 linee sismiche per un totale di 130Km), sondaggi geotecnici e prove geofisiche in foro di tipo down-hole (circa n. 600 sondaggi per un totale di 16km di perforazioni), prove di laboratorio statiche (circa n. 500) e dinamiche (circa n. 300) sui campioni di terreno prelevati nel corso dei suddetti sondaggi.

La Regione Toscana ha finanziato le suddette attività attraverso una serie di contributi ai Comuni interessati per circa 4.500.000,00 euro.

In aggiunta a queste attività di indagini conoscitive sul terreno finalizzate alla ricostruzione del modello geologico-tecnico di sottosuolo per i vari Comuni interessati, sono state finanziate, interamente tramite risorse regionali, una serie di iniziative di studio e/o ricerca attraverso accordi di collaborazione, protocolli di

intesa, convenzioni con importanti enti di ricerca e/o istituti universitari al fine di definire metodologie e standard, supportare e coordinare le attività e controllare i risultati prodotti nell'ambito del suddetto programma.

1.4 Progetto di Microzonazione Sismica Regionale

Tutte le informazioni di sottosuolo raccolte nell'ambito del Programma VEL di cui al par.1.3, consentiranno alla Regione Toscana di poter realizzare e quindi poter disporre, in tempo breve, almeno per i Comuni definiti a maggior pericolosità sismica della Toscana (di cui alla Del. G.R.T. 421 del 26.05.2014), di cartografie di microzonazione sismica prodotte non attraverso metodologie semplificate (assimilabili a carte di livello 1, come definite dagli ICMS), ma attraverso uno studio analitico di risposta sismica locale (assimilabili a carte di livello 3).

Al momento attuale la Regione Toscana ha già realizzato direttamente cartografie di microzonazione sismica di livello 3 in Mugello (Barberino di M.llo, Firenzuola, Scarperia, San Godenzo, Palazzuolo sul Senio e Vicchio), in Casentino (Poppi, Stia e Pratovecchio), Valtiberina (Sestino) e Garfagnana (Sillano, Villa Collemandina) e sta predisponendo cartografie di microzonazione sismica in alcuni Comuni della Garfagnana (Castelnuovo G.na), Lunigiana (Fivizzano e Licciana Nardi) e Mugello (Dicomano, Marradi e San Piero a Sieve).

A seguito dell'evento sismico del 06.04.2009 in Abruzzo, Il SSR della Regione Toscana è stato coinvolto dal Dip.to di Protezione Civile Nazionale (di seguito denominato DPC) nell'ambito delle attività geologiche di analisi e studio connesse con la Microzonazione Sismica della Conca Aquilana, mediante l'affidamento di un ruolo di coordinamento generale nella realizzazione della microzonazione sismica della macroarea 9 comprendente alcune tra le località maggiormente danneggiate dall'evento sismico appartenenti al Comune dell'Aquila (Loc.tà di Pianola, Bagno Grande, Bagno Piccolo, Civita di Bagno, San Benedetto, Sant'Angelo e Vallesindola) e del Comune di Ocre (Loc.tà di San Felice d'Ocre, Valle d'Ocre e Cavalletto d'Ocre).

Nell'ambito delle attività di microzonazione della conca aquilana il SSR ha potuto mettere a frutto l'esperienza decennale svolta in Toscana applicando la metodologia del Programma VEL che per la prima volta è stata utilizzata in situazioni di emergenza e quindi in un contesto di ricostruzione post-evento e non di prevenzione sismica.

La metodologia utilizzata per lo studio di MS, in analogia a quanto viene realizzato nell'ambito del Programma VEL, ha permesso di acquisire un livello di conoscenza del sottosuolo particolarmente approfondito consentendo così il raggiungimento di una MS di livello 3, così come definita dagli ICMS.

Anche per quanto concerne le tipologie e le metodologie di indagine geologiche, geofisiche e geotecniche realizzate è stato fatto riferimento alle specifiche tecniche inserite nel manuale delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL, recentemente ed interamente confluite negli ICMS che sono state utilizzate a livello nazionale e che saranno applicate nei prossimi anni anche da tutte le Regioni.

Per quanto riguarda gli studi di MS finanziati nell'ambito delle **Legge n. 77 del 24 Giugno 2009** – Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico – e delle successive ordinanze di ripartizione delle risorse, unitamente agli studi di MS che i Comuni hanno realizzato autonomamente ai sensi del Regolamento Regionale 53R/2009, allo stato attuale la Regione Toscana dispone di studi di microzonazione sismica già realizzati su circa il 90% del territorio regionale come è possibile evincere in fig.1.1

Sono infatti circa 211 gli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 realizzati in Toscana, di cui 10 presentano anche studi di Microzonazione sismica di livello 2, n.14 possiedono anche gli approfondimenti relativi al livello 3 e n.126 gli studi relativi alle Analisi delle Condizioni Limite per l'emergenza (CLE). 24 sono invece i Comuni che non hanno studi di MS1 realizzati.

La Regione Toscana, grazie ai finanziamenti nazionali di cui sopra, ha finanziato le suddette attività attraverso una serie di contributi ai Comuni interessati per circa 3.200.000,00 euro.

E' utile sottolineare, inoltre, che molti di questi Comuni, dispongono di uno studio di livello 1 particolarmente approfondito, grazie alla disponibilità di una mole di informazioni importante prodotta nel corso dell'ultimo decennio nell'ambito del Programma Regionale VEL.

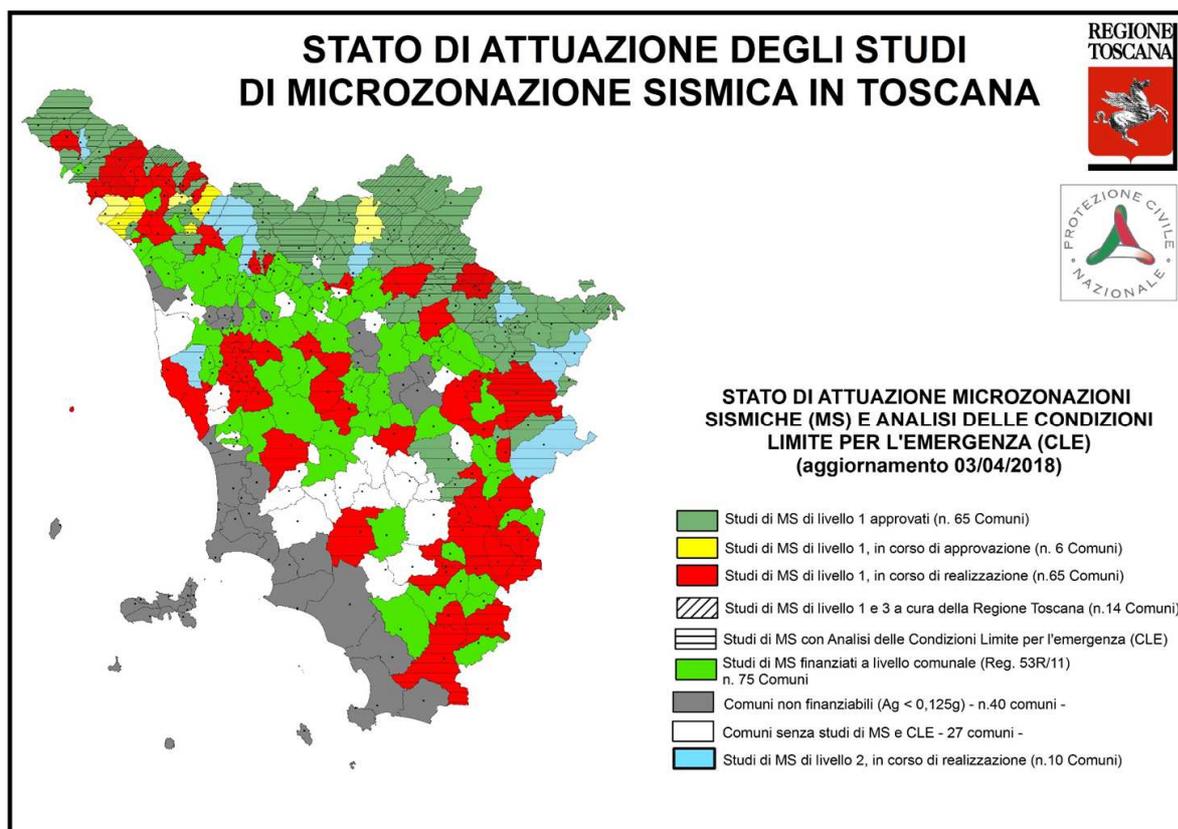


Fig. 1.1 – Stato di attuazione degli studi di MS e delle Analisi CLE in Toscana

2.0. MODALITÀ E CONDIZIONI MINIME PER LA REALIZZAZIONE DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA: LIVELLI DI MCS

La microzonazione sismica (MS) si propone l'obiettivo di definire la pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone o porzioni di territorio caratterizzate da un comportamento sismico omogeneo.

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

- Le **Zone Stabili**, sono zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- Le **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica**, sono le zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- Le **Zone suscettibili di instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiale).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.6.3.1.2 degli ICMS.

Gli studi di MS rivestono una notevole importanza nella pianificazione territoriale, fornendo una base conoscitiva della pericolosità sismica locale, al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

In generale la realizzazione di uno studio di MS può essere affrontata con diversi livelli di approfondimento che vengono dettati dalle finalità (pianificazione territoriale, pianificazione per l'emergenza, progettazione delle opere), dalle necessità intrinseche del sito (caratteristiche geomorfologiche, importanza delle opere da realizzare) e dei livelli di pericolosità.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento (di cui il secondo ed il terzo sono alternativi), con complessità e impegno economico crescente.

In particolare possono essere predisposti i seguenti livelli:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle "**Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**";
- il **livello 2** è un livello successivo in cui si introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della "**Carta di Microzonazione Sismica**";
- il **livello 3** rappresenta il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione approfondita del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della "**Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti**".

Va sottolineato che i livelli 1 e 2 di MS servono solo per la pianificazione territoriale, mentre il livello 3 di MS può fornire utili indicazioni per la progettazione delle opere.

Per una maggiore definizione dei livelli di approfondimento sismico si rimanda al par.1.6.3 degli ICMS.

Per ognuno dei livelli di approfondimento individuati è obbligatoria:

- La realizzazione di opportune indagini geologiche, geofisiche e geotecniche al fine di definire il quadro conoscitivo;
- L'effettuazione di opportune analisi ed elaborazioni;
- La predisposizione di risultati finali.

Le tabelle riepilogative sottostanti forniscono un quadro di sintesi del quadro conoscitivo minimo che deve essere raggiunto per ogni livello sulla scorta delle indicazioni contenute al par.1.6.3 degli ICMS.

2.1 Studio di microzonazione sismica di Livello 1

Per la stesura dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1, **che si prevede di non finanziare in questa annualità**, unitamente alle indicazioni che si forniscono di seguito, si rimanda al Cap. 5 che contiene una descrizione dettagliata delle modalità operative e dei criteri utilizzati per la stesura di uno studio di MS di livello 1

LIVELLO 1

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area</u>: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi; • <u>Rilevamenti geologici di controllo sul terreno</u>; • <u>Nuove indagini: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche</u>, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1; • <u>Misura passive del rumore ambientale</u>, mediante tecnica a stazione singola;
ANALISI ED ELABORAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili</u>; • <u>Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici</u>.
PRODOTTI FINALI NON OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Carta geologica</u> (in scala 1:5.000-2.000)
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Carta delle indagini</u> (sia esistenti che di nuova realizzazione); • <u>Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Relazione tecnica illustrativa della carta MOPS</u>; • <u>Carta delle frequenze fondamentali dei depositi</u>.

Il principale elaborato previsto in questo livello è la **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**. Questa carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: "qualche metro", "una decina di metri", "alcune decine di metri", "oltre i 100 metri"), una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso (del tipo: "alto" o "basso"). Di particolare importanza sarà l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi- e tri-dimensionali.

Pertanto, per acquisire tali informazioni di tipo semiquantitativo al fine di consentire la predisposizione della cartografia delle *Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* si ritiene che sia necessaria l'acquisizione, oltre alle informazioni già previste al par. 1.6.3.1.2 degli ICMS, dei risultati di indagini geofisiche utili alla ricostruzione geometrica dei corpi sepolti (sismica a rifrazione, ERT, gravimetria, ecc.) e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza (campagne di misura delle frequenze naturali di sito da vibrazioni ambientali o da terremoti).

Per meglio rappresentare queste caratteristiche la carta dovrà essere corredata da sezioni geo-litologiche rappresentative della situazione lito-stratigrafica e strutturale presente.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- la definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo;
- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento;

- definire il livello di approfondimento richiesto nelle aree che necessitano di approfondimenti;
- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi.

Nell'ambito di questo livello di approfondimento, potrà anche essere possibile fornire una preliminare indicazione sulle situazioni geologiche e morfologiche complesse per le quali può essere presumibile che l'approccio semplificato previsto dalle NTC (2018) non sia da ritenersi idoneo per una stima corretta della RSL. Si precisa però che tale indicazione rientra nell'ambito della raccolta di informazioni e non può essere direttamente applicabile in questa prima fase; al contrario dovrà comunque essere approfondita nei successivi livelli di MS al fine di un suo possibile utilizzo diretto in fase di pianificazione territoriale e di progettazione edilizia.

Un elenco delle possibili situazioni geologiche e morfologiche complesse viene sinteticamente proposto sotto:

- geometria articolata del substrato rigido sepolto alla scala di interesse (presenza di paleovalvei, substrato rigido deformato da strutture tettoniche, andamento del substrato a *Horst* e *Graben*, ...);
- zona di raccordo tra rilievo e pianura (zona di unghia con substrato rigido sepolto in approfondimento sotto la pianura, in maniera continua o discontinua);
- geometria del substrato rigido che crea una valle stretta colmata di sedimenti soffici ($C > 0.25$, dove C è il coefficiente di forma, $C = h/l$, dove h è lo spessore della coltre alluvionale e l è la sua semi-ampiezza)
- successione litostratigrafica che preveda terreni rigidi su terreni soffici (possibile profilo di V_s con inversioni di velocità);
- substrato rigido profondo alcune decine di metri;
- presenza di marcati contrasti di impedenza sismica;
- presenza di possibili cavità sepolte;
- eventuale presenza di aree soggette a instabilità.

Per la predisposizione della **cartografia delle indagini** e delle **cartografia delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai criteri definiti nei par. 2.2 e 2.3 degli ICMS in cui vengono presentate in dettaglio le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte. Per gli aspetti di natura grafica dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017). Tali cartografie dovranno essere realizzate sia in forma cartacea che digitale (in formato GIS) utilizzando la simbologia e le specifiche tecniche previste dagli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017). Si richiamano i professionisti a seguire le colorazioni e le sigle riportate nel suddetto documento; non saranno accettate cartografie con colorazioni e nomenclature differenti.

Si sottolinea inoltre che la cartografia delle indagini prodotta in scala 1:10.000 (preferibilmente in scala 1:5.000), deve contenere tutte le indagini pregresse e/o di nuova realizzazione utilizzate per la redazione degli studi di MS. In particolare si ritiene molto utile l'attività di recupero, omogeneizzazione e validazione delle indagini pregresse esistenti sul territorio; a tal fine si riporta in **Appendice 1** una guida con l'indicazione delle principali banche dati esistenti a cui è possibile accedere per la consultazione delle indagini.

Le indagini, una volta acquisite, dovranno essere classificate in base alla tipologia e se ne potrà riportare la profondità raggiunta. Si consiglia di integrare tale elaborato all'interno della “carta dei dati di base” prevista nell'ambito del Regolamento 53R/2011.

La carta delle indagini dovrà essere utilizzata per la verifica di qualità della cartografia di microzonazione sismica prevista dalla “procedura semiquantitativa” di cui all'**Appendice 2** del presente documento. Tale procedura, definita dal Gruppo di Lavoro MS (rapporto interno del DPC – 2011), può essere utilizzata in due differenti fasi:

- in fase di predisposizione dello studio di MS di livello 1 dal soggetto realizzatore, al fine di poter valutare se il quadro conoscitivo desunto sia sufficiente per la redazione dello studio di MS di livello 1 o se al contrario debbano essere effettuati approfondimenti di indagine, anche in relazione alla complessità geologico-tecnica dell'area;
- in fase di controllo sui risultati prodotti, da parte del soggetto validatore, come strumento di ausilio e supporto in fase istruttoria.

Per la redazione delle **cartografie geologico-tecniche per la microzonazione sismica** si dovrà fare riferimento ai criteri di cui al par. 3.4.2 degli ICMS e per gli aspetti di natura grafica dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Si sottolinea che tale cartografia (redatta in scala 1:10.000, preferibilmente in scala 1:5.000) deriva essenzialmente da una revisione a scala di dettaglio delle cartografie geologiche e geomorfologiche esistenti unitamente a tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti. Nell'ambito di tale revisione, che dovrà comportare necessariamente anche rilevamenti di controllo in loco, particolare attenzione dovrà essere posta nella mappatura dei depositi di copertura (con particolare riferimento a quelli con spessore maggiore di 3m), nella ricostruzione dettagliata di tutte le forme geomorfologiche, dei fenomeni gravitativi di versante e/o delle aree instabili e nell'individuazione del substrato roccioso mediante l'identificazione degli affioramenti significativi. Tali affioramenti saranno utili anche per l'individuazione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso. La cartografia dovrà essere corredata da sezioni geologico-tecniche significative, in numero adeguato, orientate sia trasversalmente che longitudinalmente rispettato ai principali elementi geologico-strutturali dell'area. Le aree già indagate nell'ambito del Programma VEL dovranno fare riferimento alle cartografie in scala 1:2.000 già realizzate con tale Programma e disponibili sul sito web: <http://www.regione.toscana.it/-/banca-dati-vel>. La carta geologico-technica dovrà essere realizzata sia in forma cartacea che in formato vettoriale (tramite tecnologia GIS) utilizzando la simbologia prevista dagli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1 Ottobre 2017).

Per la redazione delle **relazioni tecniche illustrative** si rimanda alle indicazioni contenute al par.1.6.4 degli ICMS e al par.1.2 degli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Nello specifico, si sottolinea comunque che la relazione tecnica dovrà descrivere tutti gli elementi caratterizzanti gli elaborati e le indagini sopraccitate, dovrà indicare le problematiche presenti, le metodologie di indagine utilizzate, le procedure di analisi ed elaborazione effettuate ed un commento dei risultati prodotti.

In linea di massima la relazione dovrà essere prodotta rispettando il seguente schema:

- **Selezione e delimitazione delle aree di indagine;**
- Definizione della **Pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento;**
- **Assetto geologico, geomorfologico e tettonico** delle aree di indagine;
- **Indagini geologiche, geotecniche e geofisiche realizzate e/o pregresse;**
- **Modello di sottosuolo:** Definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo. Dovrà essere fornita una descrizione accurata della stratigrafia tipo delle unità presenti e una stima indicativa degli spessori e della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il substrato rigido (se presente) anche mediante la **realizzazione di Sezione Geologico Tecnica;**
- Interpretazioni ed incertezze nella definizione del modello;
- Indicazione della **Classe di qualità** ottenuta applicando la “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”;
- **Metodologie di elaborazione e risultati finali**
- **Elaborati cartografici;**
- **Illustrazione delle Carte delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS).** In particolare dovranno essere descritti i criteri utilizzati per l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili) e per l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento. Inoltre si dovranno definire indicativamente i livelli di approfondimento richiesti e la programmazione delle indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi.
- Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati (opzionale)
- Bibliografia
- Allegati

Infine, per tutti i Comuni toscani oggetto di studi di MS, è richiesta obbligatoriamente ed ad integrazione delle indicazioni nazionali previste dagli ICMS, la predisposizione della **cartografia delle frequenze fondamentali dei depositi**, che rappresenta un elaborato particolarmente utile sia per l'impostazione delle classi da individuare per la redazione della cartografia MOPS, sia per consentire una indicazione di massima sulle profondità di investigazione per i successivi livelli di approfondimento superiori di MS. A tal fine, l'utilizzo della tabella di confronto tra lo spessore di copertura stimato e la frequenza fondamentale del terreno, riportata nel lavoro di *Albarellò ed alii, 2010*, costituisce un valido ausilio. Utilizzando tale tabella, infatti, è quindi possibile ottimizzare i costi ed evitare eventuali indagini geognostiche spinte a profondità eccessive o al contrario a profondità insufficienti a raggiungere il contrasto di impedenza sismico principale. Per la rappresentazione grafica della cartografia delle frequenze fondamentali dei depositi si rimanda alla legenda di cui all'**Appendice 3**.

Tale elaborato, in scala 1:10.000 (preferibilmente in scala 1:5.000), dovrà essere realizzato a partire dalle misure svedite di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr sulle vibrazioni ambientali o se disponibili

da registrazioni di terremoti). Per ogni prova dovranno essere consegnati tutti i file di acquisizione di campagna e inoltre si dovrà riportare lo spettro, il valore f_0 del picco fondamentale e di eventuali picchi secondari. Per le modalità di realizzazione delle prove e la definizione delle classi di affidabilità dello studio per il controllo sulla qualità dei dati acquisiti si fa riferimento allo studio redatto da: “*Albarelo et alii – Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*”. La campagna di misure strumentali dovrà essere realizzata nell’ambito dei centri abitati coinvolti e dovrà essere distribuita in maniera uniforme nell’area in esame, tenendo altresì conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni di pericolosità geologica del sito. Sulla scorta delle misure di frequenza effettuate, potrà quindi essere realizzata, ad integrazione o in sostituzione della cartografia delle frequenze fondamentali dei depositi, anche la cartografia della distribuzione delle frequenze naturali dei terreni almeno in scala 1:5.000. Questa peculiarità si può riscontrare nelle aree in cui dalle misure strumentali si rilevano più picchi di frequenza distinti e distinguibili tra loro. Nella cartografia, che dovrà riportare anche l’ubicazione di tutti i punti con i valori della frequenza fondamentale (f_0), si dovrà suddividere il territorio in base a classi di frequenza allo scopo di distinguere qualitativamente aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (per esempio con nessun massimo relativo significativo di f_0 nell’intervallo 0,1-10Hz) da aree caratterizzate dalla presenza di fenomeni di risonanza, distinguendo almeno tra spessori attesi compresi tra 30 e 10m (indicativamente $2\text{Hz} < f_0 < 8\text{Hz}$) e spessori minori di 10m (indicativamente con $f_0 > 8$). Inoltre, sulla base della stima dell’ampiezza del picco fondamentale, potrà essere utile distinguere, in via del tutto qualitativa, le zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza (indicativamente $A > 3$) ad aree caratterizzate da un minore contrasto. (Indicativamente $A < 3$) Questa carta dovrà essere prodotta sia in formato cartaceo che in formato digitale.

In sintesi, tutti gli elaborati prodotti (relazioni tecniche e cartografie) dovranno essere prodotti sia in versione cartacea che digitale. Per quanto concerne le indagini di nuova realizzazione (comprese le misure di rumore eseguite), dovranno essere allegati anche i file di acquisizione di campagna originali.

Per quanto concerne la documentazione tecnica, gli strumenti ed i “tool” esemplificativi per l’archiviazione informatica delle cartografie è possibile consultare il seguente sito web:

<http://www.regione.toscana.it/-/specifiche-tecniche-regionali-per-la-microzonazione-sismica>

Invece al seguente sito web è possibile consultare alcuni esempi di studi di Microzonazione sismica già realizzati:

<http://www.regione.toscana.it/-/risultati-indagini-e-studi-di-microzonazione-sismica>

Si specifica, in particolare, che il database .mdb relativo alla indagini dovrà essere presentato, oltre che nella versione esportabile dal relativo sw Soft MS, anche nella versione originale salvata generalmente nella cartella del programma in C:\SoftMS.

2.2 Studio di microzonazione sismica di Livello 2

Per la stesura dello studio di Microzonazione Sismica di livello 2, che si prevede di finanziare in questa annualità, unitamente alle indicazioni che si forniscono di seguito, si rimanda al Cap. 6 che contiene una descrizione dettagliata delle modalità operative e dei criteri utilizzati per la applicazione degli abachi regionali utilizzati per la stesura dello studio di MS di livello 2.

LIVELLO 2

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Programmazione ed esecuzione di nuove indagini</u>: indagini geofisiche attive di superficie, prove geofisiche in foro, sondaggi geognostici, prove geotecniche in situ e in laboratorio
ANALISI ED ELABORAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Correlazioni e confronto con i risultati del livello 1,</u> • <u>Definizione del modello geologico-tecnico di sottosuolo,</u> • <u>Utilizzo di abachi regionali per i fattori di amplificazione litostratigrafici</u>
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Carta delle indagini</u>, implementata rispetto a quella del livello 1 con le nuove indagini; • <u>Carte di Microzonazione Sismica</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000 (compresa l’eventuale revisione della cartografia di MS di livello 1) per i vari fattori di amplificazione litostratigrafici; • <u>Relazione tecnica illustrativa</u> della Carta di Microzonazione Sismica.

Per la predisposizione delle **cartografie di Microzonazione Sismica** si rimanda al par. 2.4 degli ICMS in cui viene presentata la procedura di riferimento per la realizzazione delle suddette cartografie. Per gli aspetti

di natura grafica dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Qualora nelle aree interessate dallo studio di microzonazione sismica di Livello 2 siano presenti, sulla base di un differente Modello Geologico di Riferimento, sia aree in cui è maggiore il Fattore a corto periodo (FHa_0105) sia aree in cui prevale il Fattore ad alto periodo (FHa_0510), bisognerà presentare la carta di Microzonazione sismica, oltre che in riferimento ai predetti Fattori di Amplificazione, anche in riferimento al Fattore di amplificazione massimo (FHa_max) tra i due disponibili.

Quest'ultimo elaborato (carta di Microzonazione Sismica in riferimento al Fattore di Amplificazione massimo) dovrà essere utilizzato per una determinazione cautelativa della Pericolosità Sismica nell'ambito degli adempimenti previsti dal Reg.53R/11.

Per la redazione delle **relazioni tecniche illustrative** si rimanda alle indicazioni contenute al par.1.6.4 degli ICMS.

Si specifica, in particolare, che il database .mdb relativo alla indagini dovrà essere presentato, oltre che nella versione esportabile dal relativo sw Soft MS, anche nella versione originale salvata generalmente nella cartella del programma in C:\SoftMS.

2.3 Studio di microzonazione sismica di Livello 3

Per la stesura dello studio di Microzonazione Sismica di livello 3, che si prevede di finanziare in questa annualità, si rimanda alle indicazioni che si forniscono di seguito.

LIVELLO 3

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	<ul style="list-style-type: none">• <u>Programmazione ed esecuzione di nuove indagini</u>: integrazioni ed approfondimenti tesi all'implementazione del Modello Geologico del Sottosuolo, mediante prevalentemente sondaggi geotecnici, prove in foro ed analisi statiche e dinamiche di laboratorio
ANALISI ED ELABORAZIONI	<ul style="list-style-type: none">• <u>Analisi numeriche di risposta sismica locale</u> in assetto prevalentemente 2D (ed analisi 1D di confronto) per la valutazione delle amplificazioni sismiche e/o deformazioni permanenti. Per le instabilità di versante e per la liquefazione potranno essere utilizzate anche abachi e formule empiriche
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none">• <u>Carta delle indagini</u>, implementata rispetto a quella del livello 1 e/o 2 con le nuove indagini;• <u>Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;• <u>Relazione tecnica illustrativa</u> della Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti.

Per la predisposizione delle **cartografie di Microzonazione Sismica con approfondimenti** si rimanda al par. 2.4 degli ICMS in cui viene presentata la procedura di riferimento per la realizzazione delle suddette cartografie. Per gli aspetti di natura grafica dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Si specifica, in particolare, che il database .mdb relativo alla indagini dovrà essere presentato, oltre che nella versione esportabile dal relativo sw Soft MS, anche nella versione originale salvata generalmente nella cartella del programma in C:\SoftMS.

Per la redazione delle **relazioni tecniche illustrative** si rimanda alle indicazioni contenute al par. 1.6.4 degli ICMS.

2.4 Indagini di Microzonazione Sismica e documentazione di supporto

Per quanto concerne i dati di base raccolti, le nuove indagini e i rilievi effettuati nel corso dei vari livelli di approfondimento degli studi di MS si dovrà rispettare le indicazioni generali riportate nel par. 1.6.2 degli ICMS e si dovrà tener conto delle procedure per la predisposizione delle indagini riportate al par. 2.1 degli stessi ICMS.

Per quanto riguarda la modalità di realizzazione, acquisizione dati e presentazione dei risultati inerenti le indagini e i rilievi geologici, le indagini geofisiche e geotecniche si deve fare riferimento a quanto contenuto al par.3.4 degli ICMS e per quanto non specificato alle I.T. del Programma VEL.

Si fa presente infine che in **Appendice 4** sono riepilogate alcune indicazioni di massima sulla applicabilità delle differenti metodologie in relazione al contesto geologico-tecnico in esame.

Inoltre per la valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva, per gli aspetti non contemplati dagli I&C di MS, si fa riferimento alla pubblicazione di *S. Foti - Politecnico di Torino; F. Santucci de Magistris - Università del Molise; F. Silvestri - Università di Napoli Federico II; C. Eva - Università di Genova (Supplemento rivista "Ingegneria Sismica", Anno XXVIII - n.2 - 2011)*.

Per gli aspetti tecnici riguardanti la valutazione della suscettibilità **a liquefazione** si rimanda alle "*Linea guida per la Gestione del territorio in aree interessate dalla liquefazione*" (DPC, versione 1.0, Marzo 2017). Per gli aspetti di natura grafica dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Per **l'instabilità di versante**, oltre ai criteri semplificati per il livello 2 definiti al par. 1.6.3.2.2.2; al par. 2.6 e al par. 3.1.2 degli ICMS e al par. 7.11.3.5 del DM 17.01.2018, si dovrà fare riferimento alla "*Linea Guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte*" (DPC, versione 2.1, Gennaio 2018). Per gli aspetti di natura grafica dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Per la valutazione e l'ubicazione delle **faglie attive e capaci**, in attesa che la Regione Toscana predisponga uno studio scientifico per la realizzazione della cartografia sismotettonica regionale, si dovrà fare riferimento alle "*Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci - FAC*" (DPC, versione 1.0, Giugno 2015). Per gli aspetti di natura grafica dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Inoltre in appendice 6 è riportata una check-list che il professionista deve compilare ed inserire nello studio di MS1 per giustificare le scelte effettuate nella individuazione delle FAC.

Relativamente agli **studi di risposta sismica locale** da realizzare nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 3, si dovranno effettuare analisi prevalentemente in assetto bidimensionale secondo i criteri, i codici di calcolo, le procedure e gli standard operativi definiti negli ICMS di cui al par. 3.1.7 e riportate al par. 7.11.3 del DM 17.01.2018.

Nell'ambito di studi di microzonazione sismica di livello 3 dovranno essere utilizzati come input sismico gli accelerogrammi spettrocompatibili estratti mediante il software SCALCONA 3.0, reperibili sul sito web della Regione Toscana, con periodi di ritorno e localizzazione meglio definiti nell'Appendice:

<http://www.regione.toscana.it/-/accelerogrammi-di-riferimento-per-la-toscana>

3.0 TERRITORI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA E ANALISI DELLA CLE

Come previsto dall'art. 5 comma 3) dell'ord. CDPC n.532/2018, Le Regioni devono individuare con proprio provvedimento i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza. Inoltre la medesima ordinanza, in perfetto accordo con i medesimi criteri già riportati nelle precedenti ord. DPC n.3907/10, n.4007/2012, n.52/2013 n.171/2014, n.293/2015, n.344/2016, definisce come soglia generale di ammissibilità al finanziamento per le suddette attività, il valore di accelerazione massima al suolo "ag" superiore o uguale a 0,125g, secondo quanto meglio definito nell'allegato 2 e con i valori dei Comuni riportati nell'All. 7 della suddetta ordinanza.

La Regione Toscana, almeno nel corso dell'ultimo decennio, nell'ambito del Programma regionale VEL, ha concentrato tutte le iniziative e le attività di indagine propedeutiche agli studi di MS nei comuni classificati a maggior rischio sismico della Toscana dalla Del. G.R.T. n. 841 del 26.11.2007, prevedendo per tali Comuni (si tratta di 68 Comuni) cofinanziamenti per circa 4 milioni di Euro circa.

Tali finanziamenti hanno consentito di pervenire ad un quadro conoscitivo omogeneo e sufficientemente completo del territorio (a parte alcuni casi specifici ancora da approfondire), relativamente alla definizione del modello geologico-tecnico di sottosuolo.

Per questi Comuni, in ragione anche all'elevata mole di dati disponibili, risulta quindi auspicabile che, oltre al raggiungimento del livello minimo richiesto obbligatoriamente per questa prima fase (livello 1), al termine del processo di microzonazione in accordo con le finalità del progetto VEL si pervenga anche al raggiungimento del livello 3.

Per i Comuni della Toscana non appartenenti al Programma VEL, ma che rientrano tra quelli definiti all'All. 7 dell'ord. CDPC n.532/2018 e che nel frattempo si sono dotati autonomamente e/o con specifici finanziamenti regionali, dovranno essere avviati, in modo graduale e progressivo, studi ed indagini di microzonazione sismica mediante finanziamenti adeguati almeno al raggiungimento del livello 2.

Pertanto, nello specifico, il finanziamento di cui alla presente ordinanza sarà destinato esclusivamente al completamento degli studi di MS di livello 2 e/o 3.

Visto l'entità delle risorse economiche disponibili in funzione dell'elevato numero di Comuni che saranno progressivamente coinvolti negli studi di MS e nelle analisi CLE, si renderà necessario indicare dei criteri di selezione al fine di concentrare i finanziamenti per gli studi di MS e per le analisi CLE. Quindi, in analogia con quanto già stabilito nelle precedenti Deliberazioni di G.R.T. n. 261/11, n. 741/12, 971/13, 144/2015 e 468/2016 e sulla base delle indicazioni riportate nell'ord. CDPC n.532/2018, per la selezione dei territori che dovranno essere gradualmente coinvolti negli studi di MS e nelle analisi CLE, si utilizzerà la graduatoria dei Comuni ammissibili del finanziamento per la MS e per le analisi CLE, in corso di approvazione a seguito di procedura di evidenza pubblica e sulla base dei criteri nazionali definiti nell'Allegato 2 e 7 dell'OCDPC n.532/2018, basati quindi sulla pericolosità sismica di base riferita all'accelerazione orizzontale massima ag e definita per ciascun Comune.

Nell'ambito dei Comuni che saranno finanziati per le indagini e gli studi di MS, le suddette attività devono essere concentrate in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che il Comune individua secondo le specifiche di cui al Par. 1.B.1.2 delle IT del Programma VEL e perimetra secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS. Tale perimetrazione dovrà tenere conto anche del territorio urbanizzato, così come definito ai sensi della L.R. 64/2015.

Per maggior chiarezza, rimandando la lettura dei documenti suddetti, vengono illustrati gli elementi che devono essere considerati ai fini della selezione delle zone oggetto della redazione degli studi e indagini di MS, così come definite nel Par. 1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL. In ordine di priorità sono elencati gli elementi antropici da considerare:

- Numero degli abitanti;
- Edifici pubblici e strategici;
- Centro storico;
- Aree industriali;
- Area urbana in espansione;
- Viabilità.

Sulla base degli elementi antropici elencati devono essere individuate 4 zone ad importanza diversa e crescente per la redazione degli elaborati cartografici:

Zona 1: area dove è concentrata la maggior parte della popolazione, comprende le aree dove sono presenti edifici pubblici e strategici, il centro storico, zone strategiche per la viabilità principale;

Zona 2: aree industriali di rilievo, aree urbanizzate recentemente ed in espansione, con popolazione rilevante e zone che interessano la viabilità principale;

Zona 3: aree con attività industriali minori, aree urbane in espansione e zone che interessano la viabilità secondaria;

Zona 4: frazioni e località con pochi abitanti.

Con l'obiettivo di ottimizzare gli studi di MS e concentrare le poche risorse economiche disponibili per questa finalità, nell'ambito della selezione e successiva perimetrazione dei centri urbani maggiormente significativi dovrà essere presa come generale riferimento la perimetrazione delle unità territoriali organiche elementari (UTOE).

Inoltre sono esentate dall'esecuzione di tali studi le zone che incidono su Aree Naturali Protette, Siti di Importanza Comunitaria (SIC), Zone di Protezione Speciale (ZPS) e Aree adibite a verde pubblico di grandi dimensioni che non presentino insediamenti abitativi esistenti, non comportino nuove edificazioni o che rientrino in aree già classificate R4 dal PAI.

Inoltre sono escluse dalla necessità di effettuare indagini e studi di MS, aree in cui siano presenti esclusivamente modesti manufatti in classe d'uso I come definito dal par. 2.4.2 del D.M. 17.01.2018.

4.0 SOGGETTI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

La MS è costituita da una serie di attività differenziate in relazione alle metodologie e alle procedure utilizzate, al differente contesto geologico-tecnico di riferimento, ai livelli di approfondimento richiesti per lo studio e agli obiettivi da raggiungere. Rappresenta quindi uno studio di tipo multidisciplinare che coinvolge differenti professionalità tecniche (geologi, geofisici, ingegneri, architetti...) e politiche (Amministratori locali...), ognuno con un ruolo e con competenze differenti. Inoltre per tali professionalità si richiede un diverso livello di conoscenza in relazione al grado di approfondimento dello studio. Il modello organizzativo adottato ricalca quello già applicato in precedenti attività di microzonazione sismica in ambito regionale e nell'ambito della microzonazione sismica della Conca Aquilana.

Pertanto, al fine di ottimizzare l'attività e migliorare la qualità dello studio di Microzonazione Sismica si indica di seguito i soggetti che saranno coinvolti nello studio di MS.

SOGGETTO PROPONENTE (*Regione Toscana - Settore Sismica*): predispone il presente documento tecnico definendo le specifiche tecniche per la realizzazione degli studi di MS, la modalità di utilizzo e recepimento, definisce i criteri generali per la selezione dei soggetti realizzatori dello studio e gli ambiti territoriali di applicazione degli studi, finanzia e certifica gli studi di MS.

Il Soggetto Proponente può essere diverso dalla Regione Toscana, nel caso in cui altre Amministrazioni locali (Province ed Enti Locali) decidano di finanziare interamente gli studi nel proprio territorio, fermo restando il rispetto delle specifiche tecniche di cui al presente documento.

SOGGETTO REALIZZATORE (*Regione Toscana - Settore Sismica; Amministrazioni Provinciali; Enti Locali; Università ed Enti di Ricerca; Geologi Professionisti; Imprese*). Il Soggetto realizzatore, per le motivazioni soprariportate, dovrà/potrà necessariamente essere costituito da un gruppo di lavoro (di seguito GdL) costituito da differenti professionalità, con diverse competenze e a cui collegare differenti attività al fine di pervenire ad uno studio completo di MS. Sarà necessario prevedere al suo interno almeno un geologo abilitato, preferibilmente con esperienza professionale pregressa nello svolgimento di indagini e/o studi di MS, che dovrà redigere le cartografie di microzonazione sismica dei vari livelli.

Inoltre, limitatamente agli studi di MS di livello 3, il geologo incaricato della redazione dello studio dovrà avere comprovata esperienza nell'utilizzo di codici di calcolo di tipo bi/tridimensionale, o avvalersi del supporto di un tecnico specializzato. La condizione minima per la determinazione di tale requisito è la partecipazione a corsi di formazione inerenti le analisi di risposta sismica locale 2D e microzonazione sismica di terzo livello, che saranno organizzati in ambito regionale.

Più in generale, dovrà inoltre essere presente un responsabile e/o referente unico per lo studio di MS che dovrà coordinare tutte le attività nel rispetto delle specifiche tecniche richieste e della tempistica ed in funzione delle risorse economiche stanziare. Il GdL sarà modulato anche in relazione al livello di approfondimento dello studio di MS richiesto.

Per la selezione dei soggetti facenti parte il GdL, si rimanda ai criteri che saranno inseriti nei successivi atti amministrativi regionali.

A seguito di specifica richiesta di Comuni interessati dal progetto di MS, in un'ottica di collaborazione tra Enti finalizzata ad un migliore utilizzo delle risorse pubbliche e facendo seguito ai progetti e alle attività di prevenzione sismica da tempo avviati sul proprio territorio, **la Regione Toscana tramite la propria struttura competente in materia si rende disponibile a fornire la propria collaborazione attraverso un supporto tecnico al Comune per la realizzazione dello studio di MS.**

Poiché tale scelta da parte del Comune, dovrà basarsi su motivazioni di risparmio economico e/o di maggiore approfondimento dello studio di MS, la Regione Toscana, limitatamente ai Comuni facenti parte del Programma VEL in considerazione del vasto quadro conoscitivo in suo possesso garantirà con i finanziamenti previsti in questa prima fase non solo la realizzazione di studi MS rispondenti al livello minimo richiesto (livello 1), ma provvederà per queste aree alla realizzazione di studi MS di livello 3.

Nei restanti comuni non interessati dal programma VEL dove il quadro conoscitivo risulti più scarso, la competente struttura regionale sulla base dell'esperienza maturata nell'ambito del programma VEL e nell'esperienza di MS della Conca Aquilana si occuperà di utilizzare i finanziamenti previsti in questa fase, ai fini della programmazione e realizzazione di indagini che permettano sia la realizzazione di studi di MS di livello 1 di buona attendibilità che la creazione di una banca dati propedeutica alla realizzazione di studi MS di livello superiore.

Il Soggetto Realizzatore, pertanto, potrà anche essere rappresentato dall'ufficio competente della Regione Toscana, nel caso in cui essa fornisca la propria disponibilità, compatibilmente con le esigenze e con il carico di lavoro dell'ufficio, attraverso un supporto tecnico al Comune interessato dallo studio di MS.

SOGGETTO VALIDATORE (*Regione Toscana – Struttura regionale competente*). Il soggetto validatore certifica che i soggetti realizzatori abbiano rispettato le specifiche tecniche di realizzazione degli studi, definite nel presente documento in riferimento alle Linee Guida Nazionali rappresentate dagli ICMS e in relazione alle specifiche tecniche di cui al Programma VEL. Inoltre il soggetto validatore informa la Commissione Tecnica Nazionale predisposta dal DPC ai sensi dell'art. 5 comma 7) dell'Ord. DPC 3907/2010.

Nel caso in cui gli studi di MS siano svolti esclusivamente dal Settore Sismica della Regione Toscana, la validazione è delegata al DPC, alla Commissione Tecnica Nazionale oppure ad altri soggetti esterni; mentre se detti studi sono svolti dalla Regione Toscana in collaborazione con Istituti Universitari e/o enti di Ricerca Scientifica, la validazione si ritiene acquisita automaticamente.

5.0 CRITERI E MODALITA' OPERATIVE PER LA PERIMETRAZIONE DELLE CARTOGRAFIE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1

Gli studi di Microzonazione Sismica di primo livello consistono in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geomorfologica, geofisica, geotecnica e idrogeologica preesistenti e/o eventualmente acquisiti al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Tale studio è finalizzato alla realizzazione della carta delle "Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)".

Nell'ambito della realizzazione degli studi di microzonazione secondo quanto previsto dagli indirizzi e criteri nazionali sono previsti livelli di approfondimento sempre maggiore passando dal livello 1 al livello 3, tale aspetto però non deve trarre in inganno in merito all'importanza da attribuire agli studi di livello 1; se infatti è vero che il primo livello assume una valenza qualitativa senza fornire alcuna indicazione in merito alla quantificazione degli effetti amplificativi attesi, è anche vero che una corretta impostazione delle modalità operative, definita sin dalle prime fasi dello studio, riveste un ruolo determinante e cruciale per la buona riuscita del lavoro, ma anche e soprattutto per indirizzare correttamente i livelli di approfondimento successivi.

Lo studio di microzonazione di primo livello deve essere quindi inteso come una vera e propria ricostruzione tridimensionale del contesto geologico di un'area, definendo non solo le geometrie e gli spessori dei corpi sedimentari (e conseguentemente la profondità del substrato geologico) ma anche molti altri aspetti come ad esempio granulometria ed addensamento dei depositi, superficie della falda, morfologia, dissesti gravitativi dei versanti ed altri ancora che possono a vario titolo condizionare la risposta sismica locale di una determinata area e per la definizione dei quali è necessario un approccio multidisciplinare ed integrato del territorio.

Al fine di agevolare la realizzazione di studi di microzonazione di primo livello, si ritiene utile riportare di seguito alcune indicazioni e suggerimenti pratici frutto dell'esperienza maturata sia in ambito di controllo di numerosi studi che nel corso della realizzazione degli stessi.

5.1 Definizione dell'area di studio

Gli studi di MS in Toscana, non vengono realizzati sull'intero territorio comunale, ma in corrispondenza delle aree significative che il Comune individua secondo le specifiche di cui al Par. 1.B.1.2 delle IT del Programma VEL; in altre parole, vengono selezionati gli elementi più significativi quali ad esempio i principali centri abitati, gli edifici strategici e/o le aree di espansione, con una copertura del territorio da definire in funzione delle peculiarità di ciascun territorio, delle problematiche sismiche, della sensibilità politica e non ultimo delle risorse economiche.

Una volta individuate le aree, la delimitazione delle stesse viene effettuata secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS e sostanzialmente viene realizzata estendendone il perimetro ad un "congruo intorno", scelto in considerazione non solo degli aspetti urbanistici, ma anche sulla base degli aspetti geomorfologici, geologici e geometrico-strutturali che possono produrre fenomeni di amplificazione sismica locale.

In altre parole, se per esempio l'area oggetto di studio è ubicata su un fondovalle piuttosto stretto, è buona norma estendere l'area considerando tutti gli elementi geomorfologici presenti, inserendo quindi anche i versanti della valle stessa. Una perimetrazione di un'area costituita esclusivamente da sedimenti alluvionali trova giustificazione in bacini ampi e caratterizzati da un substrato geologico posto in profondità, mentre rischia di essere fuorviante in contesti come quelli delle valli appenniniche, dove al contrario, l'inserimento delle spalle rocciose della valle, fornisce utili ed immediate indicazioni in merito alla presenza di un substrato geologico superficiale.

Nello stesso modo verranno evidenziati anche gli aspetti geologici e geomorfologici delle aree poste su versante, dove in caso di rilievi di modesta entità è consigliabile estendere l'area dalla base alla sommità del versante, mentre per versanti con elevato sviluppo planoaltimetrico non potendo ovviamente estendere l'area all'intero versante si ritiene sufficiente estendere l'area sino a comprendere interamente (dove possibile) i corpi di frana o le placche di detrito/colluvio che interessano ad esempio il centro abitato oggetto di studio.

Ne risulta che nella quasi totalità dei casi l'area su cui avviare le indagini è più estesa rispetto a quella occupata dai centri abitati oggetto di studio.

5.2 Reperimento cartografie ed indagini esistenti

Una volta definita l'area di studio il primo importantissimo passo riguarda il reperimento di tutti dati esistenti cominciando con l'analisi delle cartografie geologiche e geomorfologiche disponibili.

In tale fase è molto importante eseguire una valutazione del materiale presente in quanto ai fini della microzonazione sismica necessitano cartografie a scala di dettaglio (saranno pertanto da prediligere cartografie in scala 1:2000 o 1:10000) di recente realizzazione (Figura 5.1a), che saranno comunque oggetto di una revisione critica da parte del soggetto realizzatore dello studio, anche e soprattutto, in funzione delle evidenze di appositi sopralluoghi eseguiti in campagna e non ultimo, delle risultanze delle indagini esistenti che in molti casi possono fornire utili informazioni ai fini di una accurata rappresentazione delle coperture e dei limiti tra queste ed il substrato geologico dell'area (Figura 5.1b). In altri termini, partendo dalle cartografie geologiche esistenti si deve pervenire ad una cartografia geologica di sintesi che vada a sviscerare le reali problematiche riguardanti la microzonazione dei centri abitati, con particolare riferimento alle coperture che solitamente caratterizzano le aree antropizzate. Se infatti è vero che in una carta geologica classica molto spesso le aree urbanizzate e talvolta anche le coperture detritiche e colluviali vengono trattate sommariamente, privilegiando la rappresentazione dell'assetto strutturale dell'area, ai fini della microzonazione tali aree e certi aspetti divengono invece importantissimi e molto spesso determinanti per definire il passaggio tra zone stabili e zone stabili suscettibili di amplificazione locale.

5.3 Dal modello geologico preliminare al modello geologico definitivo

Una volta definita la cartografia geologica di sintesi è buona norma realizzare un congruo numero di sezioni geologiche "preliminari" allo scopo di definire sin dalle prime fasi del lavoro il modello geologico dell'area alla luce delle conoscenze esistenti.

Questa operazione è di fondamentale importanza per focalizzare sin da subito eventuali zone che per complessità geologico-stratigrafiche o scarsità di dati sismo-stratigrafici necessitano di approfondimenti di indagini e quindi pianificare una adeguata e appropriata campagna di misure HVSR che oltre a chiarire tali aspetti avrà il compito di validare o eventualmente correggere il modello geologico "preliminare".

Proprio per l'importanza che riveste una corretta definizione del modello geologico, in Toscana si è optato per indirizzare le attività verso studi di livello 1 che potessero avvalersi non solo dei dati pregressi ma anche di indagini di nuova realizzazione che sono appunto richieste obbligatoriamente, pervenendo così alla realizzazione di studi di microzonazione di buona qualità che vengono indicati con il nome di livello 1 "pesante".

Le indagini aggiuntive ovviamente varieranno per tipologia e consistenza numerica in funzione del contesto geologico-stratigrafico dell'area, delle indagini esistenti e ovviamente delle risorse disponibili.

In Toscana si è scelto di richiedere obbligatoriamente la realizzazione di misure HVSR in quanto tale tipologia di indagine oltre ad avere dei costi piuttosto contenuti, ben si adatta allo scopo di estrapolare ed estendere arealmente dati di natura sismo-stratigrafica derivanti da precedenti campagne di indagine che forniscono informazioni dettagliatissime ma di carattere puntuale.

Il ricorso a campagne di misure HVSR fornisce pertanto un utilissimo strumento per la comprensione del modello geologico e solitamente, in contesti piuttosto semplici contraddistinti da una generale omogeneità dei terreni di copertura, la migrazione delle frequenze fondamentali dei depositi è strettamente correlabile con l'approfondimento del substrato geologico mentre l'entità del picco H/V fornisce indicazioni in merito al contrasto di velocità tra i vari corpi sismostratigrafici con particolare riferimento al passaggio substrato sismico-coperture.

5.4 Modello geologico tecnico

Ai fini della realizzazione di uno studio di microzonazione sismica una volta stabilito in maniera univoca il modello geologico, è necessario pervenire alla realizzazione del modello geologico-tecnico di sintesi nel quale oltre alle caratteristiche litostratigrafiche saranno evidenziate anche tutte le altre caratteristiche in grado di interagire con lo scuotimento sismico come ad esempio geomorfologia, assetto strutturale, caratteri geotecnici e geofisici e non ultime le caratteristiche idrogeologiche.

A supporto degli studi di microzonazione viene pertanto richiesta la realizzazione della carta geologico-tecnica, dove oltre alla totalità di informazioni derivanti dalla sovrapposizione dei tematismi sopra citati, l'aspetto sostanziale riguarda la rivisitazione del modello geologico stratigrafico definitivo mediante l'individuazione e la perimetrazione di unità geologico tecniche suddivise in base a caratteristiche litotecniche omogenee.

In pratica in questa fase viene richiesta una semplificazione del modello geologico (talvolta estremamente dettagliato) accorpando quei terreni e quei substrati geologici che presentano caratteristiche tra loro simili, ponendo particolare attenzione alla ricostruzione dei rapporti geometrici tra le varie unità (Figura 5.1c).

Tale fase di accorpamento si rende necessaria per poter passare dalla cartografia geologica all'elaborato finale degli studi di microzonazione sismica di primo livello, ovvero la Cartografia delle Microzone Omogenee (MOPS) in prospettiva sismica.

Le unità geologico-tecniche individuate in questa fase, sia sulla carta, che sulle sezioni geologico-tecniche, di fatto rappresentano gli elementi stratigrafici caratterizzanti le varie microzone omogenee.

Nell'operazione di definizione delle unità geologico tecniche è consigliabile non utilizzare un grado di dettaglio eccessivo, ma piuttosto cercare di accorpare quanto più possibile terreni con caratteristiche sismostratigrafiche e litotecniche tutto sommato comparabili e limitare la definizione di ulteriori unità geologico-tecniche a quei contesti in cui le caratteristiche del substrato geologico o dei depositi variano in maniera significativa.

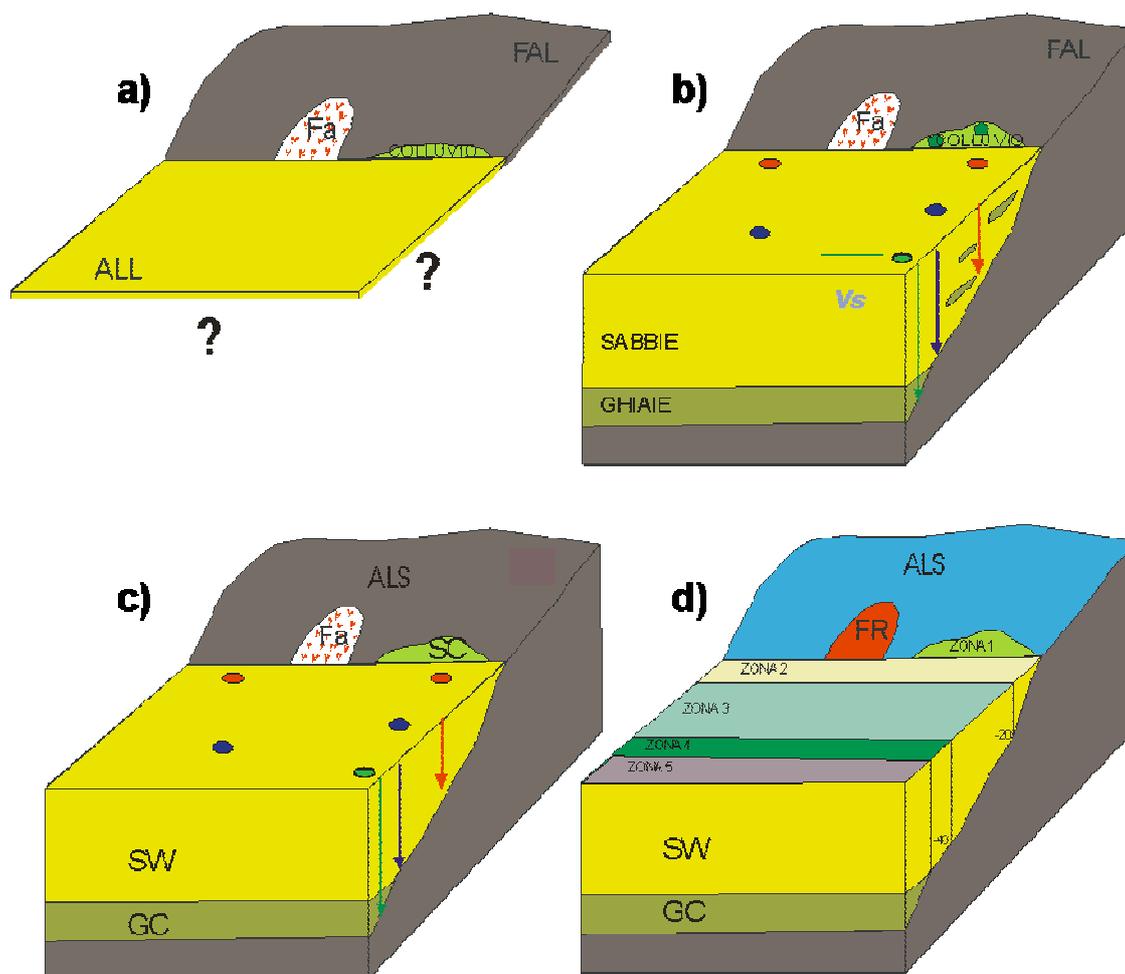


Fig. 5.1 – fasi di elaborazione di uno studio di livello 1 : a) recupero cartografie esistenti; b) creazione modello geologico definitivo alla luce delle indagini esistenti e di nuova realizzazione (si noti la diversa perimetrazione della copertura colluviale a seguito del reperimento di nuove indagini); c) definizione del modello geologico-tecnico (si noti la scelta di accorpare i corpi lenticolari di ghiaie con limitata estensione areale e stratigrafica alle sabbie); d) Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.

5.5 Dal modello geologico tecnico alla cartografia MOPS

Una volta definito il modello geologico-tecnico dell'area oggetto di studio, la cartografia MOPS altro non sarà che un elaborato di sintesi delle conoscenze nel quale viene di fatto rappresentato il modello geologico-tecnico tridimensionale dell'area (Figura 5.1d) suddividendo le varie microzone omogenee in tre grandi gruppi:

- Zone stabili
- Zone stabili suscettibili di amplificazione
- Zone instabili

Ovviamente trattandosi di una rappresentazione del modello geologico-tecnico, la perimetrazione delle microzone dovrà essere congruente con quanto riportato dalla carta e dalle sezioni geologico tecniche. A tal proposito ed allo scopo di evitare banali errori, si consiglia di procedere all'individuazione delle microzone omogenee riferendosi alle sezioni geologico tecniche come di seguito rappresentato (Figura 5.2). Solo successivamente è opportuno riportare tali suddivisioni in carta lungo le tracce delle stesse sezioni, unendo poi tratti corrispondenti alla medesima microzona ed avendo cura di compiere tale raccordo valutando l'eventuale presenza di indagini puntuali o lineari che ovviamente devono anch'esse risultare congruenti con la successione stratigrafica della microzona entro la quale ricadono.

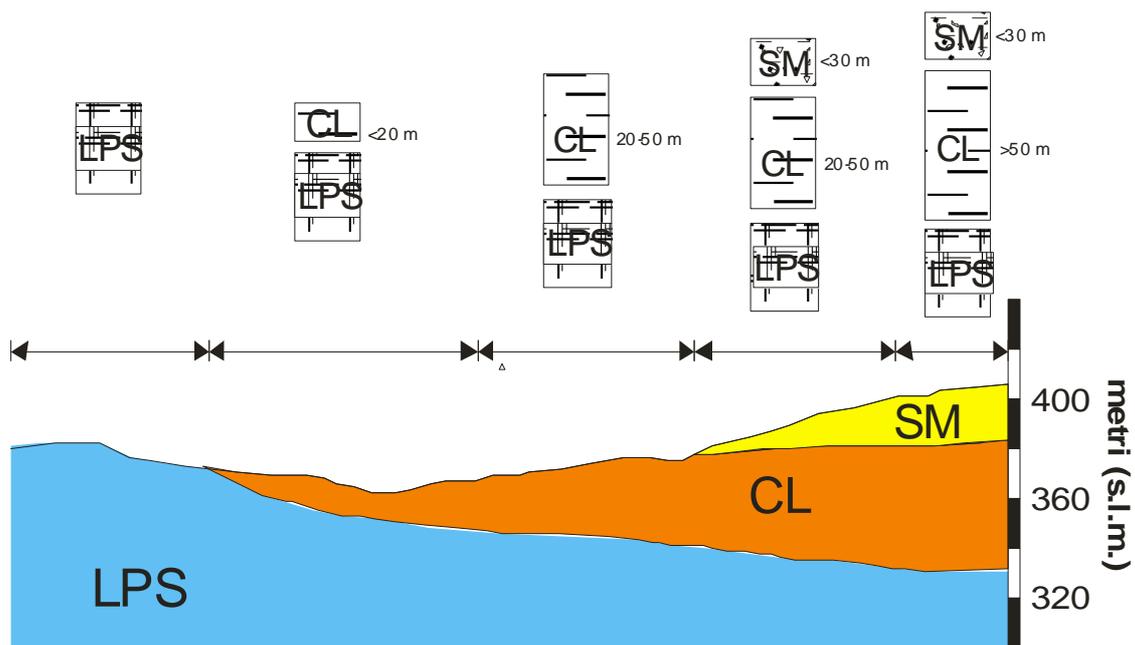


Fig. 5.2 – Individuazione Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

L'accortezza di individuare i limiti delle microzone direttamente sulle sezioni geologico tecniche permette anzitutto di eseguire una suddivisione ragionata degli spessori associati a ciascuna microzona ed inoltre pone al riparo da errori dovuti ad incongruenze tra gli spessori associati a microzone confinanti.

Questa procedura ci pare essere la metodologia migliore possibile che garantisca al tempo stesso un elevato dettaglio, una correttezza del modello e un controllo migliore sulla qualità della cartografia finale.

6.0 CRITERI E MODALITA' OPERATIVE PER LA STESURA DELLE CARTOGRAFIE DI LIVELLO 2

6.1 Idoneità dello studio di MS di livello 1 per il passaggio al livello 2

Il passaggio da uno studio di Microzonazione Sismica (di seguito MS) di Livello 1 al successivo Livello 2, rappresenta un aspetto piuttosto delicato e proprio per questo necessita di debite ed opportune valutazioni preliminari. Sintetizzare e schematizzare le operazioni da effettuare in questa fase non è cosa ovvia in quanto le attività da compiere potranno subire una notevole differenziazione in funzione del grado di attendibilità dello studio di livello 1 dal quale si parte.

Nel caso si disponga di uno studio di MS livello 1 che definisca in maniera corretta il modello geologico s.l. dell'area, il passaggio al livello 2 risulterà pressoché automatico e dipenderà quasi esclusivamente dalla corretta applicazione degli abachi; pertanto, molte perimetrazioni presenti nella cartografia MOPS resteranno invariati suddividendo (laddove sussistano i requisiti di applicabilità degli abachi) zone a diverso fattore di amplificazione, calcolato in funzione delle stratigrafie rappresentative delle varie microzone omogenee.

Nel caso, invece, di uno studio di MS di livello 1, connotato da una non sufficiente completezza nella definizione del modello geologico s.l., si renderà necessaria, prima dell'applicazione degli abachi, una profonda revisione dello studio. Si comprende, pertanto, quanto sia importante in fase di impostazione del lavoro effettuare una valutazione preliminare sull'attendibilità dello studio di MS di livello 1 di cui si dispone.

In figura 6.1 si riporta un diagramma di flusso che intende sintetizzare il percorso logico opportuno da compiere, al fine di verificare il grado di attendibilità dello studio di livello 1 di cui si dispone prima di passare all'applicazione degli abachi.

Di seguito, a supporto del suindicato diagramma di flusso, viene fornita una disamina dei principali aspetti riguardanti il processo di controllo. Il percorso logico prevede l'effettuazione di una serie di verifiche di congruenza suddivise in tre fasi principali:

A) Verifica formale di congruenza tra le sezioni geologico-tecniche che definiscono il modello geologico 2D della zona e la cartografia MOPS che di fatto rappresenta una ricostruzione 3D dello stesso modello geologico. In corrispondenza delle tracce di sezione le informazioni contenute nei due elaborati devono necessariamente essere congruenti; se così non fosse si renderà necessaria una revisione generale dello studio;

B) Verifica di congruenza tra le sezioni geologico-tecniche e le risultanze delle indagini: dopo aver verificato, secondo quanto riportato al punto precedente, la congruenza formale degli elaborati, si passa a verificare la corrispondenza del modello riportato nelle sezioni con le reali caratteristiche sismostratigrafiche dell'area, eseguendo un confronto con i dati di indagine disponibili. Informazioni utili in chiave stratigrafica possono infatti essere fornite oltre che dalle indagini dirette presenti (stratigrafie), dall'utilizzo congiunto di metodologie di indagine geofisica sia in tecnica attiva che in tecnica passiva, le prime in grado di fornire con una buona attendibilità l'andamento del parametro V_s e le seconde (nello specifico HVSR) in grado di fornire indicazioni riguardo alla frequenza di risonanza dei depositi (f_0). L'analisi combinata dei dati, permette di risalire in maniera indiretta a informazioni basilari quali la presunta profondità dell'orizzonte risonante. Ovviamente, per poter eseguire un confronto è necessario anzitutto che le indagini siano presenti e che queste siano attendibili e di buona qualità. Quindi, dopo aver effettuato una valutazione critica delle indagini disponibili ed aver verificato la presenza dei predetti parametri (V_s e f_0), si passa a verificare il grado di attendibilità delle sezioni utilizzando le indagini presenti lungo la traccia di sezione. E' necessario, in linea di massima, infatti che per ogni sezione siano disponibili sia indagini per la stima del parametro V_s , sia indagini per la stima degli spessori delle coperture presenti. Nel caso non siano presenti indagini idonee sarà necessario eseguire indagini di nuova realizzazione al fine di completare la ricostruzione in termini sismostratigrafici del modello geologico s.l. Solo dopo aver verificato la correttezza del modello realizzato sarà possibile passare alla fase successiva;

C) Controllo Estrapolazione Areale del modello geologico tecnico 2D riportato nelle sezioni: Verifica della congruenza tra le indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione) con le stratigrafie peculiari delle varie microzone omogenee. Qualora le indagini disponibili non offrano una copertura areale sufficientemente omogenea, si procederà con l'acquisizione di ulteriori dati (V_s e f_0) necessari come chiavi di ingresso per l'applicazione degli abachi.

Nel caso in cui le verifiche puntuali confermino l'adeguatezza delle scelte compiute in sede di estrapolazione areale, lo studio di livello 1 si può ritenere pronto per l'applicazione del livello successivo, in caso contrario sarà, invece, necessario provvedere ad una revisione della perimetrazione delle zone MOPS e/o delle colonnine stratigrafiche peculiari di ciascuna microzona omogenea.

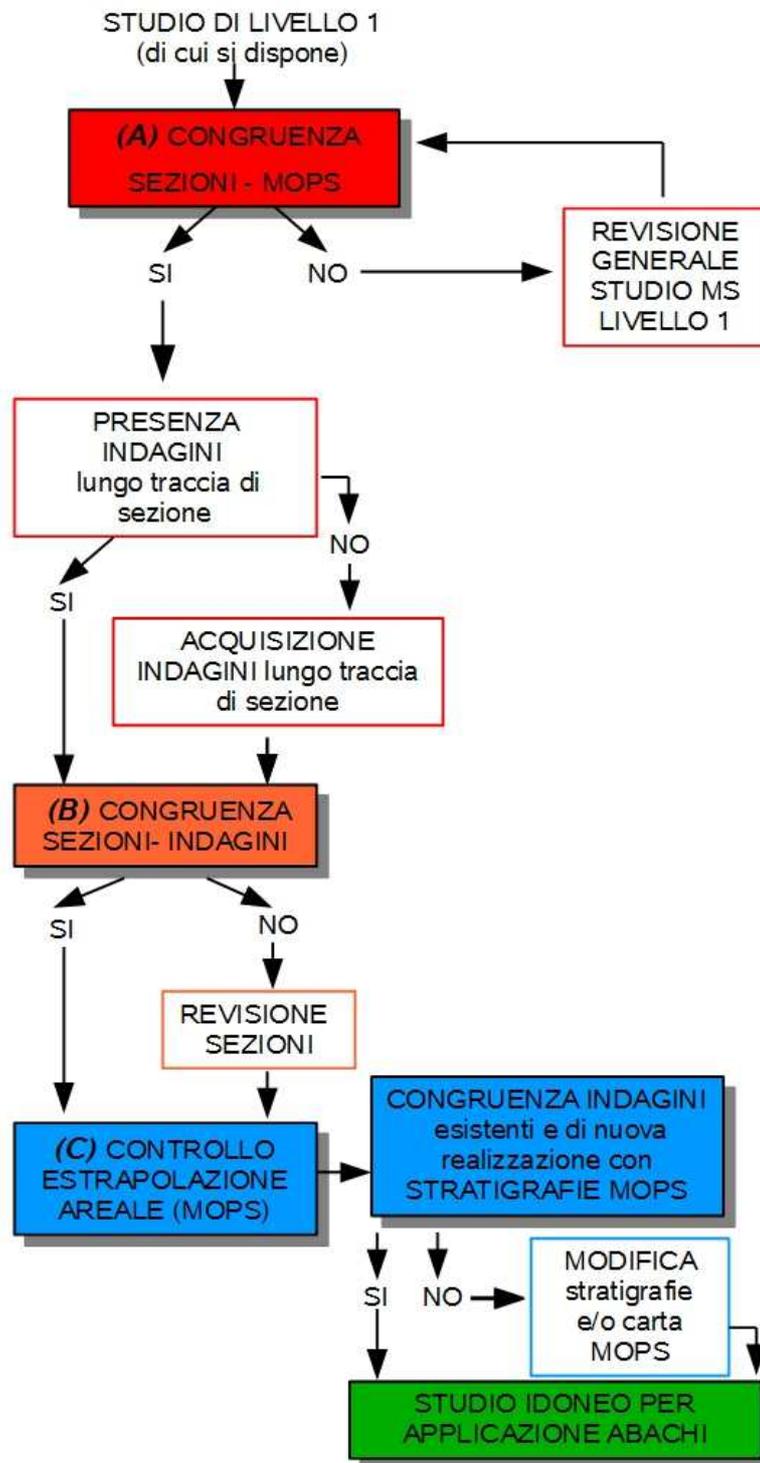


Fig. 6.1 – Diagramma di flusso per il passaggio da uno studio di MS di livello 1 ad uno studio di livello 2

6.2 Procedura utilizzata per la redazione degli abachi di secondo livello

Nell'ambito degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (DPC-CRPA, 2008) viene suggerito agli enti preposti di dotarsi di abachi per la caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesa nella zone "stabili suscettibili di amplificazione" per le quali un approccio semplificato possa avere significato (situazioni litostratigrafiche caratterizzate da alternanza di formazioni lungo superfici di discontinuità con buona approssimazione piane e orizzontali). In pratica si tratta di realizzare delle tabelle nelle quali ad un insieme di valori assunti da parametri considerati diagnostici e ad un particolare livello di pericolosità sismica siano associati univocamente valori attesi dell'amplificazione del moto sismico (FA ovvero "Fattore di Amplificazione") rispetto ad un terreno di riferimento.

La Regione Toscana, nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica stipulato con il Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Siena ha provveduto alla realizzazione di uno studio scientifico finalizzato alla redazione di abachi regionali per la quantificazione dell'amplificazione sismica dovuta a fenomeni di tipo litostratigrafico, mediante procedure semplificate.

Obiettivo di questi abachi è fornire indicazioni utili alla realizzazione di carte di microzonazione sismica (MS) di livello 2 per le aree per le quali gli approcci di tipo semplificato abbiano senso.

Alcune Regioni hanno già da tempo provveduto a dotarsi di questo strumento a partire da metodologie differenti ma comunque congruenti per quanto riguarda il tipo di risultati attesi e le modalità di impiego. Lo studio avviato dalla Regione Toscana ha avuto lo scopo di dotare anche il territorio regionale toscano di questo tipo di strumento a supporto delle attività di microzonazione sismica definite di secondo livello (MS2).

La procedura adottata allo scopo si discosta in maniera significativa da quelle adottate per le Regioni Lombardia e Lazio ed è affine (anche se non identica) a quella a suo tempo utilizzata dalla Regione Emilia-Romagna. La procedura ha avuto come scopo quello di valorizzare il grande patrimonio informativo messo a disposizione dalla Regione Toscana come esito di passate attività di indagine e caratterizzazione della risposta sismica locale (progetti VEL e DOCUP fra il 1996 al 2006) ed allo stesso tempo fornire agli operatori presenti sul territorio uno strumento versatile e specificamente applicabile nelle diverse situazioni lito-stratigrafiche presenti nella Regione Toscana.

L'obiettivo fondamentale della procedura è quello di fornire stime statisticamente valide e ragionevolmente conservative del fattore di amplificazione atteso nelle diverse situazioni litostratigrafiche presenti nella Regione Toscana ed in particolare nelle aree a maggiore pericolosità sismica. Inoltre, queste stime devono poter essere fornite a partire da un numero ristretto di osservabili, relativamente agevoli da determinare sperimentalmente e comunque rappresentativi delle diverse possibili situazioni presenti.

A partire da questi vincoli, è stata definita la procedura sinteticamente rappresentata in figura 6.2 e caratterizzata da quattro fasi operative, di seguito brevemente descritte. Per una più completa descrizione della procedura utilizzata, si faccia riferimento alla relazione finale dello studio, consultabile al link:

<http://www.regione.toscana.it/-/specifiche-tecniche-regionali-per-la-microzonazione-sismica>

Prima fase – Individuazione delle diverse tipologie lito-stratigrafiche (TLS) presenti nelle zone di interesse. Sulla base dei dati sismostratigrafici a disposizione dell'Amministrazione regionale sono state identificate delle successioni deposizionali "tipo", del tutto analoghe a quelle definite nella microzonazione di primo livello, nelle quali vengono individuate formazioni (Unità Lito-Stratigrafiche o ULS) caratterizzate da specifiche caratteristiche sismiche. Ciascuna ULS viene definita in termini di proprietà geometriche (possibili spessori e profondità) e sismiche (velocità delle onde di taglio, curve di degrado e smorzamento) e relativa variabilità delle predette proprietà, la quale viene connotata statisticamente (sulla base dei dati disponibili) in termini di limiti di variazione attorno ad un valore centrale rappresentativo. Sempre sulla base dei dati a disposizione, viene fornita anche una stima della profondità e delle caratteristiche del substrato sismico di riferimento, in corrispondenza del quale viene imposto l'input sismico. Al fine di considerare la differente sismicità sul territorio regionale, sono stati considerati differenti input sismici, costituiti ognuno da una settupla di accelerogrammi naturali spettrocompatibili, estratti mediante il software SCALCONA 2.0, messo a punto dal DICAr dell'Università di Pavia, nell'ambito di un apposito Accordo di Collaborazione Scientifica con la Regione Toscana, illustrato al link:

<http://www.regione.toscana.it/-/accelerogrammi-di-riferimento-per-la-toscana>

Seconda fase – per ciascuna TLS e tenendo conto della variabilità dei parametri sismici definita nella prima fase, viene generato un campione di profili sismostratigrafici ciascuno costituito mediamente da un centinaio di profili. Quindi, per ciascun elemento del campione e per i diversi accelerogrammi rappresentativi della pericolosità locale, sono state definite le curve di risposta sismica locale (RSL) attese. In questo modo, per ogni TLS, è stato possibile generare una popolazione di curve RSL ciascuna rappresentata in termini di ordinate spettrali dello spettro di risposta in accelerazione e di un fattore di amplificazione integrale (FA) indicativo dell’andamento complessivo della curva RSL.

Terza fase – analisi statistica delle popolazioni dei fattori di amplificazione ottenuti per le diverse TLS ed alla loro aggregazione su base geografica e, soprattutto, in funzione della specifica situazione sperimentale. Con quest’ultimo termine viene definita una peculiare combinazione di valori relativi a parametri diagnostici determinabili sperimentalmente e rappresentativi di configurazioni del sottosuolo capaci di produrre specifici livelli di amplificazione del moto sismico. A differenza delle TLS, che sono dedotte dalla conoscenza della specifica situazione lito-stratigrafica, queste combinazioni di valori devono essere attribuiti sperimentalmente mediante misure di campagna e con costi contenuti. Questa caratterizzazione è un elemento chiave per garantire l’effettiva applicabilità degli abachi nella MZS di secondo livello.

Quarta fase – costruzione degli abachi veri e propri ed alla loro validazione.

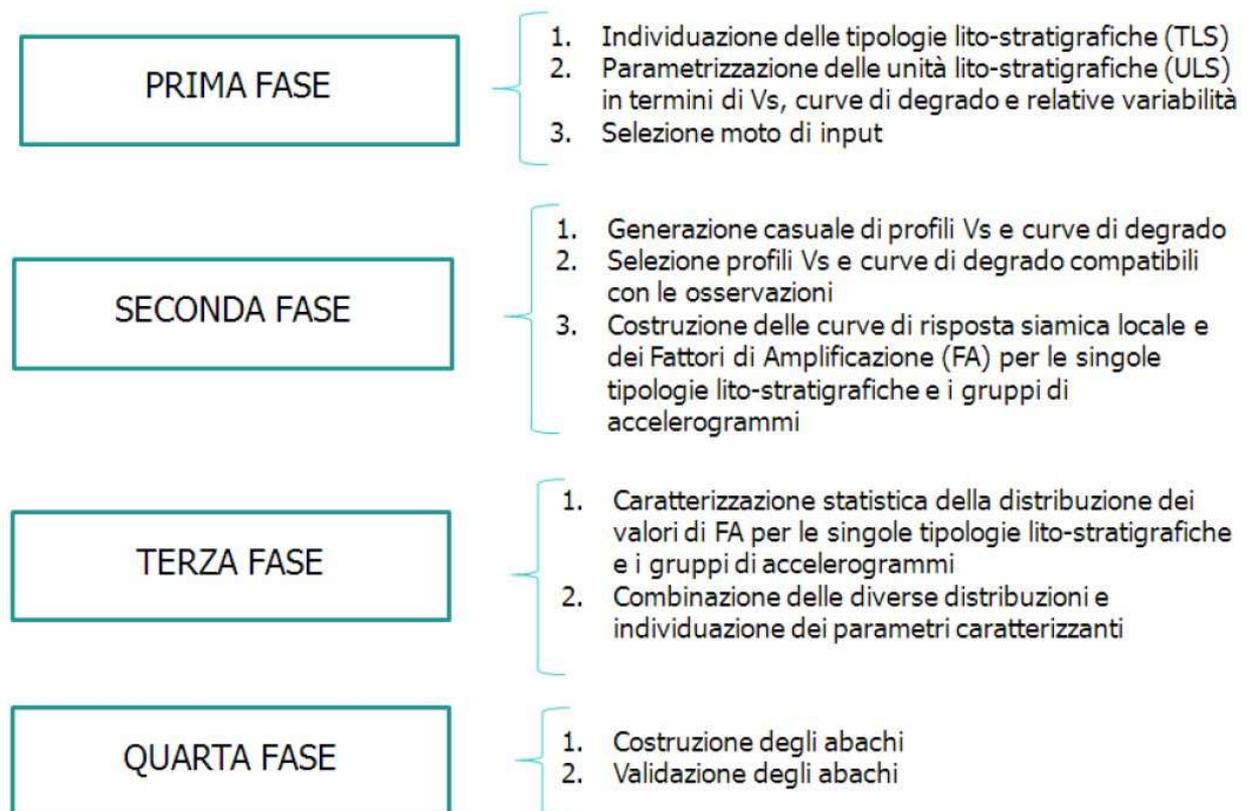


Fig. 6.2 – Linee generali della procedura utilizzata per la definizione degli abachi a supporto della micro zonazione sismica di livello II in Toscana

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione di Housner (di seguito denominato FH_a) misurato come rapporto tra l’integrale dello spettro di accelerazione in output (PSA_{out}) e l’omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSA_{in}):

$$FHa_{(0,1+0,5)} = \frac{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{in}(T) dT} \quad (6.1)$$

$$FHa_{(0,5+1,0)} = \frac{\int_{0,5}^{1,0} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0,5}^{1,0} PSA_{in}(T) dT} \quad (6.2)$$

In analogia a quanto effettuato nelle scorse annualità per gli studi di microzonazione sismica di livello 3 conclusi in Toscana, si è ritenuto opportuno valutare un duplice intervallo di integrazione: il primo tra 0.1 e 0.5 secondi (denominato $FHa_{0.1-0.5}$), significativo per le strutture più rigide, a basso periodo proprio, il secondo per le strutture più flessibili (denominato $FHa_{0.5-1}$), ad elevato periodo proprio.

In appendice 5 sono illustrati gli abachi realizzati nell'ambito dello studio in oggetto e, quindi, utilizzabili in regione Toscana per la redazione di studi di microzonazione sismica di livello 2.

Come è possibile osservare, gli abachi si differenziano sulla base dei seguenti fattori:

- 1) Area geografica (il territorio regionale è stato distinto in 5 macroaree: Toscana appenninica, area di transizione, Toscana interna, Amiata e Toscana costiera, come visibile in figura 6.3 ed in Tabella 6.1);
- 2) Tipologia dell'input sismico (in riferimento a differenti classi di accelerazione di picco media);
- 3) Presenza di substrato sismico a profondità maggiore o minore a 30m (ad esclusione dell'area della costa per la quale non è stata effettuata tale distinzione, in virtù di risultati similari);
- 4) Tipo di fattore di amplificazione (per ognuna delle differenziazioni esposte nei precedenti punti sono stati calcolati entrambi i fattori riportati nelle formule 6.1 e 6.2).

I parametri geologici s.l. d'ingresso, per poter estrapolare il valore del fattore di amplificazione, sono due:

- Il periodo fondamentale di vibrazione del sito (T_0) o la corrispondente frequenza fondamentale (f_0);
- Il valore della velocità media delle Onde S nei primi 30 metri di sottosuolo (V_{s30}) o, se il basamento sismico si trova a meno di 30 metri dalla superficie, il valore della velocità media delle onde S fino al basamento sismico (V_{SH}).

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}} \quad (6.3)$$

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}} \quad (6.4)$$

in cui h_i e V_i rappresentano lo spessore e la velocità delle onde S per l' i -esimo strato al di sopra del basamento sismico.

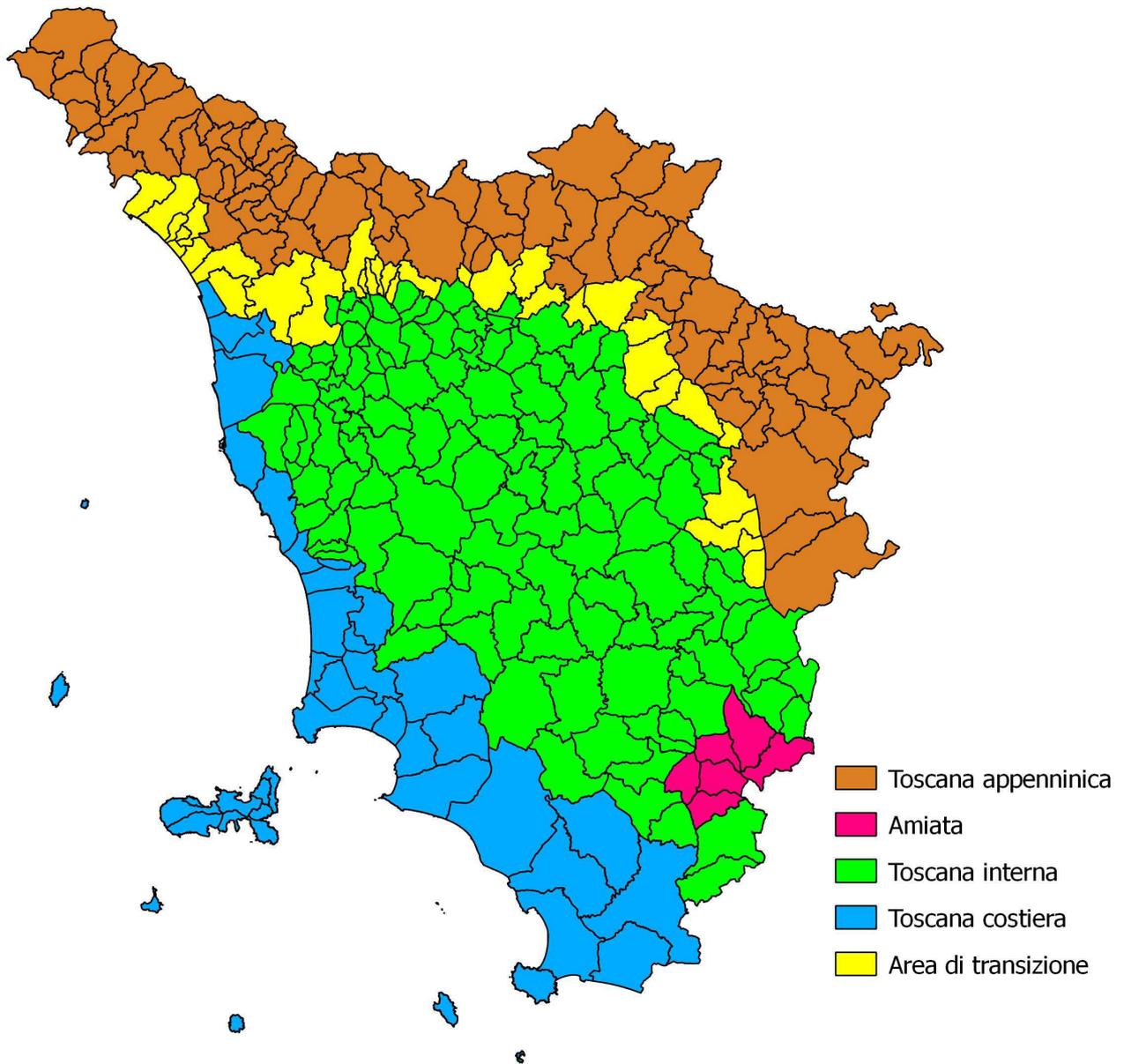


Fig. 6.3 – *Suddivisione del territorio toscano in macroaree per la scelta degli abachi di secondo livello*

Tabella 6.1 – *Suddivisione dei comuni toscani in macroaree per l'applicazione degli abachi di secondo livello*

Macroarea	Provincia	Comune
Toscana appenninica	MS	Aulla, Bagnone, Casola in Lunigiana, Comano, Filattiera, Fivizzano, Fosdinovo, Licciana Nardi, Mulazzo, Podenzana, Pontremoli, Tresana, Villafranca In Lunigiana, Zeri
	LU	Bagni di Lucca, Barga, Borgo a Mozzano, Camporgiano, Careggine, Castelnuovo di Garfagnana, Castiglione di Garfagnana, Coreglia Antelminelli, Fabbriche di Vergemoli, Fosciandora, Galliciano, Minucciano, Molazzana, Pescaglia, Piazza al Serchio, Pieve Fosciana, San Romano in Garfagnana, Sillano Giuncugnano, Stazzema, Vagli Sotto, Villa Basilica, Villa Collemandina
	PT	Abetone, Cutigliano, Marliana, Montale, Pistoia, Piteglio, Sambuca Pistoiese, San Marcello Pistoiese
	FI	Barberino di Mugello, Borgo San Lorenzo, Dicomano, Firenzuola, Londa, Marradi, Palazzuolo sul Senio, Rufina, San Godenzo, Scarperia e San Piero, Vaglia, Vicchio
	AR	Anghiari, Arezzo, Badia Tedalda, Bibbiena, Capolona, Caprese Michelangelo, Castel Focognano, Castel San Niccolò, Castiglion Fiorentino, Chitignano, Chiusi Della Verna, Cortona, Montemignaiolo, Monterchi, Ortignano Raggiolo, Pieve Santo Stefano, Poppi, Pratovecchio Stia, Sansepolcro, Sestino, Subbiano, Talla
	PO	Cantagallo, Montemurlo, Vaiano, Vernio
Amiata	SI	Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio, Radicofani, San Casciano Dei Bagni
	GR	Castell'Azzara, Santa Fiora
Toscana interna	LU	Altopascio, Montecarlo, Porcari
	PT	Chiesina Uzzanese, Lamporecchio, Larciano, Monsummano Terme, Ponte Buggianese, Quarrata
	FI	Bagno a Ripoli, Barberino Val D'elsa, Campi Bisenzio, Capraia e Limite, Castelfiorentino, Cerreto Guidi, Certaldo, Empoli, Figline e Incisa Valdarno, Firenze, Fucecchio, Gambassi Terme, Greve in Chianti, Impruneta, Lastra a Signa, Montaione, Montelupo Fiorentino, Montespertoli, Rignano sull'Arno, San Casciano in Val di Pesa, Scandicci, Signa, Tavarnelle Val di Pesa, Vinci
	LI	Collesalveti
	PI	Bientina, Buti, Calci, Calcinaia, Capannoli, Casciana Terme Lari, Cascina, Castelfranco di Sotto, Castellina Marittima, Castelnuovo di Val di Cecina, Chianni, Crespina Lorenzana, Fauglia, Guardistallo, Lajatico, Montecatini Val di Cecina, Montescudaio, Montopoli in Val d'Arno, Orciano Pisano, Palaia, Peccioli, Pomarance, Ponsacco, Pontedera, Riparbella, San Miniato, Santa Croce sull'Arno, Santa Luce, Santa Maria a Monte, Terricciola, Vicopisano, Volterra
	AR	Bucine, Cavriglia, Laterina, Lucignano, Montevarchi, Pergine Valdarno, San Giovanni Valdarno, Terranuova Bracciolini
	SI	Asciano, Buonconvento, Casole d'elsa, Castellina in Chianti, Castelnuovo Berardenga, Castiglione d'Orcia, Cetona, Chianciano Terme, Chiusdino, Chiusi, Colle di Val d'elsa, Gaiole in Chianti, Montalcino, Montepulciano, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Monticiano, Murlo, Pienza, Poggibonsi, Radda in Chianti, Radicondoli, Rapolano Terme, San Gimignano, San Giovanni d'Asso, San Quirico d'Orcia, Sarteano, Siena, Sinalunga, Sovicille, Torrita di Siena, Trequanda
	GR	Arcidosso, Campagnatico, Castel del Piano, Cinigiano, Civitella Paganico, Monterotondo Marittimo, Montieri, Pitigliano, Roccalbegna, Roccastrada, Seggiano, Semproniano, Sorano
	PO	Carmignano, Poggio a Caiano

Toscana costiera	LU	Viareggio
	LI	Bibbona, Campiglia Marittima, Campo nell'Elba, Capoliveri, Capraia Isola, Castagneto Carducci, Cecina, Livorno, Marciana, Marciana Marina, Piombino, Porto Azzurro, Portoferraio, Rio Marina, Rio nell'Elba, Rosignano Marittimo, San Vincenzo, Sassetta, Suvereto
	PI	Casale Marittimo, Monteverdi Marittimo, Pisa, San Giuliano Terme, Vecchiano
	GR	Capalbio, Castiglione della Pescaia, Follonica, Gavorrano, Grosseto, Isola del Giglio, Magliano in Toscana, Manciano, Massa Marittima, Monte Argentario, Orbetello, Scansano, Scarlino
Area di transizione	MS	Carrara, Massa, Montignoso
	LU	Camaioere, Capannori, Forte dei Marmi, Lucca, Massarosa, Pietrasanta, Seravezza
	PT	Agliana, Buggiano, Massa e Cozzile, Montecatini Terme, Pescia, Pieve a Nievole, Serravalle Pistoiese, Uzzano
	FI	Calenzano, Fiesole, Pelago, Pontassieve, Reggello, Sesto Fiorentino
	AR	Castelfranco Piandiscò, Castiglion Fibocchi, Civitella in Val di Chiana, Foiano della Chiana, Loro Ciuffenna, Marciano della Chiana, Monte San Savino
	PO	Prato

6.3 Modalità di utilizzo degli abachi di secondo livello

Di seguito si illustrano le modalità di utilizzo degli abachi di secondo livello, ponendo altresì attenzione sui limiti di applicabilità degli stessi.

In primis, occorre sottolineare come gli abachi in oggetto possano essere utilizzati esclusivamente nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 2.

In particolare, è fatto assoluto divieto di utilizzo dei dati di output degli abachi di secondo livello in attività connesse alla determinazione dell'azione sismica a corredo della progettazione edilizia.

Al fine di agevolare le modalità di utilizzo degli abachi, di seguito sono illustrati gli step che il professionista incaricato della redazione dello studio di microzonazione sismica di livello 2 deve seguire:

- 1) Verificare che per il comune oggetto di studio sia consentito l'uso degli abachi.;
- 2) Determinazione della macroarea (figura 6.3 e tabella 6.1) di appartenenza del comune;
- 3) Definita la macroarea, stimare (ad eccezione delle macroaree Amiata e Toscana costiera) il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475anni (ag475anni) del centro abitato oggetto di analisi di secondo livello. Si faccia riferimento alla Mappa di Pericolosità sismica (INGV, 2004) riportata nell' Allegato B delle NTC2018. I valori di soglia sono 0.15g per le macroaree della Toscana appenninica e dell'area di transizione e 0.125g per la Toscana interna. Tale operazione permetterà di ricondursi alla tipologia di abachi più idonei al contesto macrosismico dell'area d'indagine;
- 4) Individuato il sito di misura, verificare l'idoneità dello stesso all'applicazione degli abachi litostratigrafici di secondo livello. La procedura di verifica d'idoneità è attualmente in fase di predisposizione a cura del DPC e di alcune Regioni e, non appena possibile, sarà resa disponibile dall'Ufficio regionale preposto;
- 5) Sulla base dei dati di sottosuolo a disposizione per ogni sito di misura del valore di FH_a, stimare se la profondità del substrato sismico è minore o superiore a 30m. Tale informazione è essenziale per la scelta dell'abaco più idoneo al contesto sismostratigrafico della verticale di analisi. Per la macroarea della Toscana costiera esiste un unico abaco a prescindere dalla profondità del substrato sismico;
- 6) A questo punto, avendo a disposizione, per la verticale oggetto di analisi, il dato sulla frequenza fondamentale ed il valore di Vs30 o Vsh, si può agevolmente ricavare i valori di

FHa (0.1-0.5s) ed di FHa (0.5-1.0s), come visibile in tabella 6.2. Qualora, a seguito della realizzazione di apposite campagne di misura, non sia disponibile un valore di frequenza fondamentale del sito, al fine di stimare i valori dei fattori di amplificazione, deve essere realizzata un'apposita analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) o, in alternativa, utilizzare il valore riportato negli abachi in corrispondenza della colonna "75° perc." e relativo al fattore di amplificazione che scaturisce dal 75° percentile di tutte le analisi effettuate per quel determinato range di Vs30 o Vsh;

- 7) Definiti puntualmente i fattori di amplificazione, l'estensione areale dovrà tener conto del modello geologico s.l. desunto dallo studio di MS di livello 1, opportunamente integrato nell'ambito di questa fase.

Tabella 6.2 - Classi relative ai valori dei due parametri rappresentativi dalla situazione sismostratigrafica locale: la frequenza di risonanza (f_0) e la velocità media delle onde S vicino alla superficie (V_{S30}/V_{sh})

Classi	
frequenza (Hz)	$f_0 < 1$
	1.5 $1 \leq f_0 < 2$
	2.5 $2 \leq f_0 < 3$
	3.5 $3 \leq f_0 < 4$
	4.5 $4 \leq f_0 < 5$
	5.5 $5 \leq f_0 < 6$
	6.5 $6 \leq f_0 < 7$
	7.5 $7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8
velocità (m/s)	$V_s < 200$
	300 $200 \leq V_s < 400$
	500 $400 \leq V_s < 600$
	700 $600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$

Resta, comunque, facoltà del tecnico incaricato dello studio non utilizzare i risultati degli abachi regionali, realizzando in alternativa, nelle medesime verticali di output individuate, specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), finalizzate alla determinazione dei fattori di amplificazione FHa (0.1-0.5s) ed di FHa (0.5-1.0s).

7.0 CRITERI E MODALITA' OPERATIVE PER LA STESURA DEGLI STUDI DI MS DI LIVELLO 3

Uno studio di microzonazione sismica di terzo livello (di seguito MS3) prevede la disamina di tutti gli aspetti propri di una microzonazione sismica (stima dell'azione sismica e, quindi, dell'eventuale livello di amplificazione sismica e definizione delle aree di rispetto e/o suscettibilità per le aree instabili) mediante procedure avanzate finalizzate ad una parametrizzazione quantitativa.

Di seguito si illustrano le modalità da seguire per la redazione di studi di Microzonazione Sismica di Terzo Livello in Regione Toscana e, conseguentemente, quali sono i prodotti di output richiesti e le procedure per un loro corretto utilizzo sia nella fase pianificatoria, sia per la conseguente fase edificatoria.

Per quanto attiene alla definizione delle serie temporali da utilizzare come **input sismico**, esse dovranno essere ricavate mediante l'utilizzo del software regionale SCALCONA 3.0, scaricabile al link: <http://www.regione.toscana.it/-/accelerogrammi-di-riferimento-per-la-toscana>. Dovranno essere scaricate settuple di accelerogrammi per i periodi di ritorno di 475 anni e 50 anni;. Il primo periodo di ritorno è quello da utilizzare per le analisi di risposta sismica locale e per le eventuali analisi finalizzate alla parametrizzazione delle instabilità; sulla base di tali analisi andranno computati (secondo le modalità di seguito elencate) i fattori di amplificazione sismica. La seconda analisi (periodo di ritorno pari a 50 anni) servirà per la fase finale, relativa alla stima degli spettri caratteristici.

L'estrazione delle serie temporali dovrà riferirsi alla sede comunale (qualora, come sovente accade, il centro abitato oggetto di studio sia capoluogo), oppure, nel caso di analisi condotte in corrispondenza di una frazione, bisognerà riferirsi al baricentro dell'area di studio.

L'utilizzo di softwares differenti per l'estrazione di serie temporali, finalizzato ad un miglioramento delle condizioni di spettrocompatibilità e sismocompatibilità dell'input sismico, è consentito ma dovrà essere concordato con il Settore Sismica della Regione Toscana.

Il modello geometrico da sottoporre ad analisi di risposta sismica locale dovrà essere rappresentato mediante sezioni geologico-tecniche sia desunte dalle sezioni utilizzate per la definizione del **Modello Geologico di Riferimento** della MS1 (con le quali dovranno concordare sia come assetto sismostratigrafico proposto sia come ubicazione in carta), sia di nuova realizzazione nell'ambito dell'implementazione dello studio di MS al terzo livello.

Dall'osservazione delle caratteristiche delle sezioni geologico-tecniche il tecnico incaricato delle analisi di RSL potrà scegliere se l'assetto sismostratigrafico è concorde con la realizzazione di analisi monodimensionali (assenza di elementi geometrici superficiali e/o sepolti in grado di innescare fenomeni di amplificazione locale 2D o 3D) oppure necessita di analisi condotte perlomeno in assetto bidimensionale. In questo caso, potranno essere predisposte anche analisi monodimensionali, da realizzare in corrispondenza dei punti di output dell'analisi 2D e da utilizzare come taratura delle analisi ufficiali.

Le eventuali modifiche necessarie per l'adattamento delle sezioni geologico-tecniche da sottoporre ad analisi di RSL andranno concordate tra il geologo responsabile dello studio di MS ed il tecnico incaricato delle analisi di RSL.

Inoltre, sempre in considerazione dell'assetto sismostratigrafico desunto dalla definizione del Modello Geologico di Riferimento, sarà scelto anche il tipo di approccio da utilizzare per le analisi di RSL.

Solitamente le analisi di Risposta Sismica Locale per studi di MS3 vengono condotte in assetto bidimensionale utilizzando approcci di tipo lineare-equivalente; i parametri necessari per l'implementazione degli appositi codici di calcolo e da associare a tutti i sismostrati individuati nelle sezioni geologico-tecniche sono:

V_p = velocità di propagazione delle onde di compressione;

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio;

γ = peso di volume.

La parametrizzazione dei terreni oggetto di analisi va effettuata sulla base di tutti i dati geognostici acquisiti nell'area di studio, operando una giusta mediazione tra le necessità di rappresentare in maniera

completa l'assetto geo-meccanico del sito e la necessità di ottenere un modello non eccessivamente complicato per le potenzialità dei codici di calcolo utilizzati.

Inoltre, al fine di rappresentare le caratteristiche anelastiche dei terreni nei codici di calcolo basati su un approccio lineare-equivalente, ogni litotipo oggetto di analisi dovrà essere caratterizzato mediante curve dinamiche relative alla variazione del modulo di taglio (G) e dello smorzamento (ξ) in funzione della deformazione sismica crescente. Tali curve sono ricavabili mediante esecuzione di analisi geotecniche di laboratorio in campo dinamico oppure desumibili da banche dati nazionali ed estere sulla base delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni.

A tal proposito si ricorda che nel Portale della banca dati VEL, reperibile al link:

<http://150.217.73.23/BancaDatiVEL/>

sono disponibili circa 300 curve dinamiche realizzate nell'ultimo ventennio in Toscana nell'ambito del programma VEL. E' possibile sia estrapolare curve singole relative a specifiche verticali indagate oppure ottenere curve dinamiche medie basate su curve selezionate in base a criteri geografici, formazionali o litologici.

Le analisi di RSL realizzate dovranno essere ben documentate in relazione, in maniera tale da evidenziare con chiarezza:

- Tipologia dell'input sismico (modalità di estrapolazione ed origine delle serie temporali utilizzate per le modellazioni dinamiche);
- Indicazione del modello sismostratigrafico utilizzato come input geologico-tecnico, con riferimento parametri geomeccanici utilizzati e delle geometrie sepolte coinvolte nelle analisi di RSL;
- Tipo di software utilizzato per le analisi di RSL con indicazione delle caratteristiche dell'analisi con particolare riferimento al valore di errore residuo (parametro fornito direttamente dai softwares e che informa sul buon esito della modellazione);

I **prodotti di output** delle analisi da consegnare saranno: accelerogrammi di input e relativi spettri di risposta elastici, accelerogrammi di output, spettri di risposta elastici di output e Fattori di Amplificazione. Si richiede la restituzione degli spettri di risposta di output e di input con un valore omogeneo del passo di campionamento (preferibilmente pari a 0.01 sec) indispensabile per il corretto computo dei Fattori di Amplificazione richiesti. Inoltre, per spettri di risposta elastici si intendono spettri di risposta con valore dello smorzamento pari al 5%.

Inoltre, si richiede la consegna delle coordinate dei punti di output, da restituirsi in formato .shp, .txt o mediante foglio di calcolo. Le coordinate da utilizzare dovranno essere concordi con il sistema di riferimento richiesto per la stesura delle carte di MS.

Nell'ambito dello studio di MS3 dovranno essere calcolati i seguenti fattori di Amplificazione: FA0105, FA0408 ed FA0711, dove per FA si intende il Fattore di Amplificazione di Housner in accelerazione, mentre le cifre che seguono stanno ad indicare l'intervallo di periodi entro cui calcolare il Fattore. Andranno redatte, secondo le indicazioni dei vigenti Standard di rappresentazione e di archiviazione informatica (V. 4.1), carte di MS3 per i fattori FA0105, FA0408 ed FA0711.

Qualora nelle aree interessate dallo studio di MS3 siano presenti, analogamente a quanto previsto per gli studi di MS2, differenziazioni per quanto attiene al Fattore di Amplificazione maggiore (tra quelli previsti al precedente punto, bisognerà presentare la carta di Microzonazione sismica, oltre che in riferimento ai predetti Fattori di Amplificazione, anche in riferimento al Fattore di amplificazione massimo (FA_max). Quest'ultimo elaborato (carta di Microzonazione Sismica in riferimento al Fattore di Amplificazione massimo tra quelli disponibili) dovrà essere utilizzato per una determinazione cautelativa della Pericolosità Sismica nell'ambito degli adempimenti previsti dai vigenti regolamenti regionali relativi alle indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica.

Ai fini dell'estensione areale del dato, nei settori dell'area di studio non coperti dalle sezioni geologico-tecniche e, quindi, sprovvisti dei dati di output delle analisi numeriche, si deve ricorrere ad estrapolazione areale. Tale processo, di per sé estremamente delicato ed esposto alla soggettività dell'operatore, deve essere effettuato mediante il supporto combinato della cartografia geologico-technica e della cartografia MOPS. Si tenga presente che in linea di massima può esistere una correlazione tra microzone relative ai due livelli di approfondimento, sebbene questo processo di correlazione (nell'ambito dell'estensione del dato) debba essere effettuato in maniera non automatica ma doverosamente critica.

Il modello logico su cui si è basata l'estrapolazione areale dei dati di amplificazione può essere il seguente:

- rappresentazione su mappa di tutti i punti di output delle modellazioni numeriche effettuate, con il relativo valore del fattore di amplificazione;
- individuazione delle condizioni sismostratigrafiche "locali" alla base di ogni valore di FA desunto; per condizioni "locali" si intende l'insieme delle caratteristiche stratigrafiche, delle proprietà geotecniche/geofisiche dei terreni, delle caratteristiche morfologiche superficiali e sepolte;
- identificazione sulle cartografie tematiche esistenti (in particolare geologico-techniche e MOPS) di analoghe condizioni locali per aree non coperte da analisi di risposta sismica locale. Se in tali aree sono presenti indagini sismiche attive e/o passive, nel processo di estrapolazione si è tenuto conto dei risultati di tali indagini. A titolo d'esempio, può essere interessante confrontare curve H/V relative a misure di rumore a stazione singola e le funzioni di amplificazione spettrale (FAS) relative alle analisi di RSL, ferma restando la necessità di operare il confronto esclusivamente su un piano qualitativo, poiché esso avviene tra prove caratterizzate da approcci, condizioni di base e stati tensionali profondamente differenti;
- raggruppamento di situazioni "locali" ed amplificative simili mediante la discretizzazione dell'area in classi distinte con differenti intervalli di FA, secondo la discretizzazione prevista dai vigenti Standard Nazionali;
- rappresentazione della cartografia prodotta mediante software operante in ambiente GIS, sulla base di quanto indicato dalle specifiche tecniche nazionali.

Inoltre, come previsto dalle Linee Guida Nazionali, bisognerà riportare (secondo le specifiche richieste) i file .txt relativi ai 7 moti di input utilizzati da allocare nella cartella "documenti" e gli spettri medi rappresentativi del grado di amplificazione per ogni tipologia di microzona (da collocare nella cartella MS3).

Gli spettri medi dovranno essere presentati in comparazione con i singoli spettri ricadenti nella microzona.

La realizzazione di studi di MS3 prevede lo studio analitico e più approfondito delle aree instabili individuate nell'ambito della MS1 e/o definite mediante la realizzazione delle indagini integrative. Tali analisi andranno eseguite nel pieno rispetto delle Linee Guida Nazionali, citate nell'elencazione dei Testi di Riferimento Tecnici.

In riferimento **all'utilizzo dei risultati di una MS3 a fini progettuali** è stata prevista la possibilità di utilizzo diretto dei risultati della microzonazione sismica di terzo livello per la progettazione di opere ordinarie (classe d'uso II – NTC 2018).

La realizzazione di studi di microzonazione sismica di terzo livello prevede, infatti, per la stima delle amplificazioni locali, la realizzazione di adeguate analisi di risposta sismica locale. Il prodotto di output per tali analisi è solitamente costituito oltre che da fattori di amplificazione, utilizzati per la quantificazione della minore o maggiore predisposizione dei terreni indagati all'amplificazione locale, anche da spettri di risposta elastici (caratterizzati da uno smorzamento del 5%).

E' possibile (in aggiunta a quanto previsto dagli ICMS) fornire per ogni microzona strumenti utili a rappresentare in quel determinato ambito areale l'azione sismica di progetto, di cui di seguito si riporta la procedura operativa. Effettuate le analisi di risposta sismica locale (tipicamente per un $T_r=475$ anni) è possibile, realizzata la carta di microzonazione sismica di terzo livello secondo quanto previsto dai vigenti Standard Nazionali, pervenire alla definizione di spettri "caratteristici", prevedendo i seguenti step:

- 1) raggruppare per ogni microzona individuata (caratterizzata da un valore omogeneo del Fattore di amplificazione scelto) tutti gli spettri di risposta elastici di output ricadenti in essa, ricavandone lo spettro medio (curva rossa in fig. 7.1);

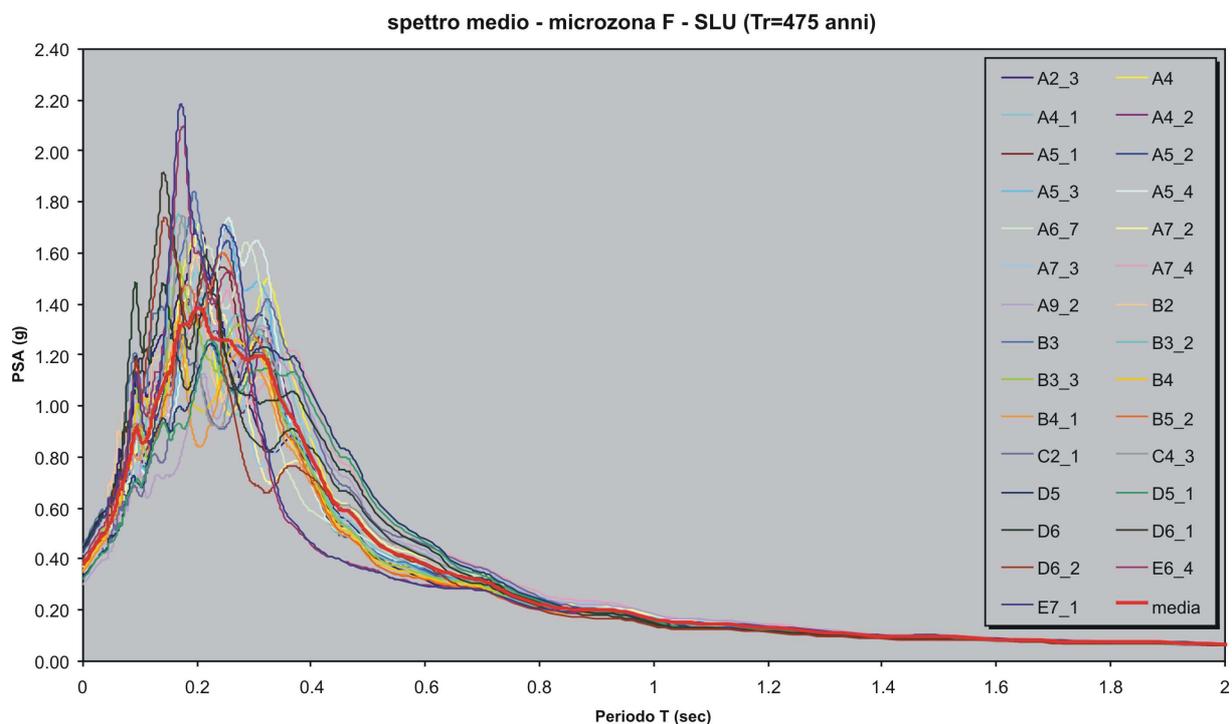


Fig. 7.1 – Spettro medio (curva rossa) relativo ad una microzona per un periodo di ritorno di 475 anni. Le altre curve rappresentano i singoli spettri di risposta in output

- 2) operare la regolarizzazione dello spettro medio secondo quanto indicato in alcune pubblicazioni scientifiche di settore e nell'Appendice 1 dell'Ordinanza n.55 del 24 aprile 2018 del Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016. Questa operazione permette di definire sia uno spettro di forma simile a quelli semplificati di normativa sia, di conseguenza, i suoi parametri dipendenti (S , T_b e T_c), mentre i parametri indipendenti sono fissati, come noto, dalla localizzazione del sito e dalle scelte progettuali alla base funzione della progettazione. La regolarizzazione dello spettro viene effettuata secondo le procedure illustrate negli ICMS 2008 e meglio specificate da Pergalani e Compagnoni (2013). In sintesi, secondo tale metodo, dallo spettro medio si ricavano i valori di T_A (periodo per il quale è massimo il valore in accelerazione), S_A (valore medio dello spettro in accelerazione per periodi compresi tra $0.5T_A$ ed $1.5T_A$), T_V (periodo per il quale è massimo il valore in pseudovelocità), S_V (valore medio dello spettro in pseudovelocità per periodi compresi tra $0.8T_V$ ed $1.2T_V$). Ricavati tali valori si determinerà l'estensione del plateau (tratto dello spettro con accelerazione costante) tenendo conto che $T_c = 2\pi \cdot (S_V/S_A)$ e $T_b = 1/3 T_c$. Noti i parametri indipendenti dalle condizioni di sito (a_g e T_d) è possibile, infine, ricavare il parametro S come a_{max}/a_g dove a_{max} è calcolata da analisi di risposta locale. Il parametro F_0 , indipendente dalle condizioni sismostratigrafiche del sito secondo l'approccio semplificato delle NTC2008, nel presente metodo viene reso, invece, dipendente dalle condizioni geologiche locali con valore pari al rapporto tra S_A ed a_{max} (accelerazione di ancoraggio dello spettro caratteristico). Lo spettro così regolarizzato è visibile in verde nell'esempio di figura 7.2, dove è messo a confronto con gli spettri semplificati di normativa (relativi alle categorie di sottosuolo B ed E) più attinenti alle condizioni sismostratigrafiche della microzona individuata nell'esempio.

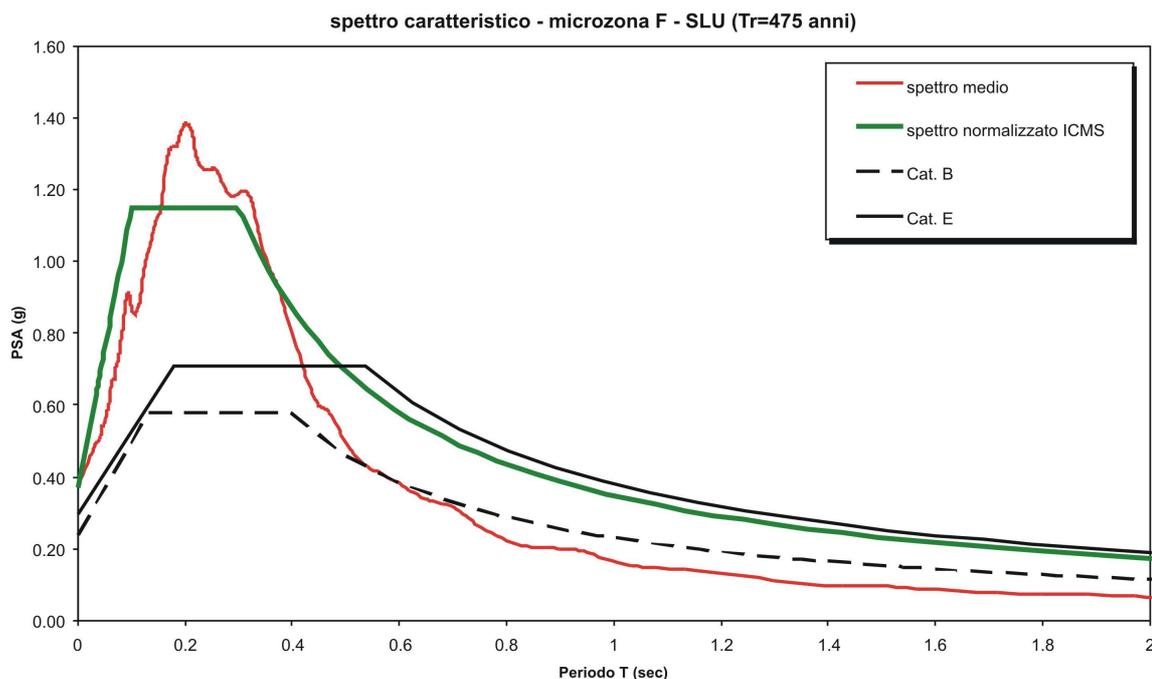


Fig. 7.2 – Spettro caratteristico normalizzato secondo la procedura descritta nel testo, relativo alla microzona F per un periodo di ritorno pari a 475 anni a confronto con gli spettri semplificati di normativa più attinenti alle caratteristiche sismostratigrafiche della microzona in oggetto.

Questo spettro si riferisce ad un periodo di ritorno di 475 anni e, pertanto, può essere paragonato allo spettro semplificato di normativa relativo all'azione sismica per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per un edificio "ordinario" (Vita nominale $V_N = 50$ anni e Classe d'uso $CU = II$).

Regularizzato lo spettro è possibile produrre un file .txt (figura 7.3) in cui saranno indicati nelle prime 3 righe (header) i dati d'origine dello spettro ed i parametri indipendenti e dipendenti desunti a seguito della regolarizzazione dello spettro medio.

Oltre all'analisi "ufficiale" della MS3, caratterizzata da un periodo di ritorno tipicamente di 475 anni ed utile per la progettazione di opere con vita nominale $V_n=50$ anni e classe d'uso II per lo Stato Limite Ultimo (usualmente Salvaguardia della Vita, SLV), bisognerà realizzare analoghe analisi imponendo come input sismico accelerogrammi spettro-compatibili e sismo-compatibili per periodi di ritorno propri dello Stato Limite di Esercizio (di solito Stato limite di Danno, SLD), che nel caso specifico corrispondono ad un $Tr=50$ anni.

Operando con la medesima procedura precedentemente illustrata, sarà possibile ricavare spettri caratteristici normalizzati utilizzabili per rappresentare l'azione sismica allo SLE. Un esempio di spettro caratteristico normalizzato, sempre riferito alla medesima microzona della figura 7.2, è illustrato in figura 7.4.

Infine, preme sottolineare alcune regole base per un corretto utilizzo degli spettri caratteristici in fase di determinazione dell'azione sismica nella fase di progettazione, successiva a quella di pianificazione, propria della MS:

- si ritiene opportuno che l'utilizzo degli spettri caratteristici sia consentito per progetti caratterizzati al massimo da **classe d'uso II** (opere ordinarie). Per opere di classe d'uso superiore (opere strategiche e rilevanti) e soprattutto se ricadenti in aree definite a medio-elevata pericolosità sismica sarà necessario rendere obbligatoria la stima dell'azione sismica di progetto mediante adeguate analisi di risposta sismica locale;
- l'utilizzo degli spettri caratteristici dovrà essere vincolato alla verifica, a cura del professionista incaricato della stima dell'azione sismica di progetto, della conformità del modello di sottosuolo (in termini di affidabilità, significatività e rappresentatività delle analisi effettuate) in corrispondenza del sito di progetto con quello tipico della microzona, anche in riferimento alla quota di riferimento dell'opera in progetto (quota di imposta delle fondazioni);

- l'uso degli spettri caratteristici dovrebbe essere, inoltre, subordinato al rispetto di un indice di qualità, opportunamente definito, che valuti la qualità degli studi di livello 3 in particolare in ragione della densità e qualità delle indagini geotecniche e geofisiche utilizzate per la definizione del modello di sottosuolo. Un esempio di procedura di valutazione dell'opportunità di utilizzo degli spettri caratteristici può essere riassunta nel diagramma di flusso in figura 7.5;
- se i valori dei periodi di ritorno di progetto corrispondono a quelli utilizzati per le analisi di livello 3 sarà possibile utilizzare direttamente i dati presenti nel file .txt (fig. 7.3). In alternativa, per piccole variazioni del periodo di ritorno (ad esempio il passaggio dall'azione sismica propria dello SLD a quella per SLO), assumendo quindi lo stesso grado di non linearità nel comportamento dei terreni, si potranno utilizzare i parametri dipendenti presenti nella "header" del file testo (S , F_0 , T_B , T_C) combinandoli con i parametri indipendenti (a_g , T_D) propri della scelta progettuale.

```

Fivizzano (MS) . Microzonazione sismica livello 3 - microzona F - SLU
ag = 0.200g, F0 = 3.102, T*c = 0.279, Td = 3.083
S = 1.854, Tb = 0.101s, Tc = 0.302s

0.000 0.371
0.033 0.629
0.035 0.641
0.037 0.654
0.038 0.668
0.040 0.682
0.042 0.696
0.044 0.712
0.046 0.728
0.048 0.745
0.051 0.763
0.053 0.781
0.056 0.801
0.058 0.821
0.061 0.843
0.064 0.865
0.067 0.888
0.070 0.913
0.073 0.939
0.077 0.966
0.080 0.994
0.084 1.024
0.088 1.054
0.092 1.087
0.097 1.121
0.101 1.150
0.106 1.150
0.111 1.150
0.117 1.150
0.122 1.150
0.128 1.150
0.134 1.150
0.140 1.150
0.147 1.150
0.154 1.150
0.161 1.150
0.169 1.150
0.177 1.150
0.185 1.150
0.194 1.150
0.203 1.150
0.213 1.150
0.223 1.150
0.234 1.150
0.245 1.150
0.256 1.150
0.269 1.150
0.281 1.150
0.295 1.150
0.309 1.125
0.323 1.074
0.339 1.026
0.355 0.979
0.372 0.935
0.389 0.892
0.408 0.852
0.427 0.813
0.447 0.776
0.469 0.741
0.491 0.708
0.514 0.676

```

Fig. 7.3 – Schermata relativa al file testo relativo allo spettro caratteristico normalizzato, illustrato nella precedente figura.

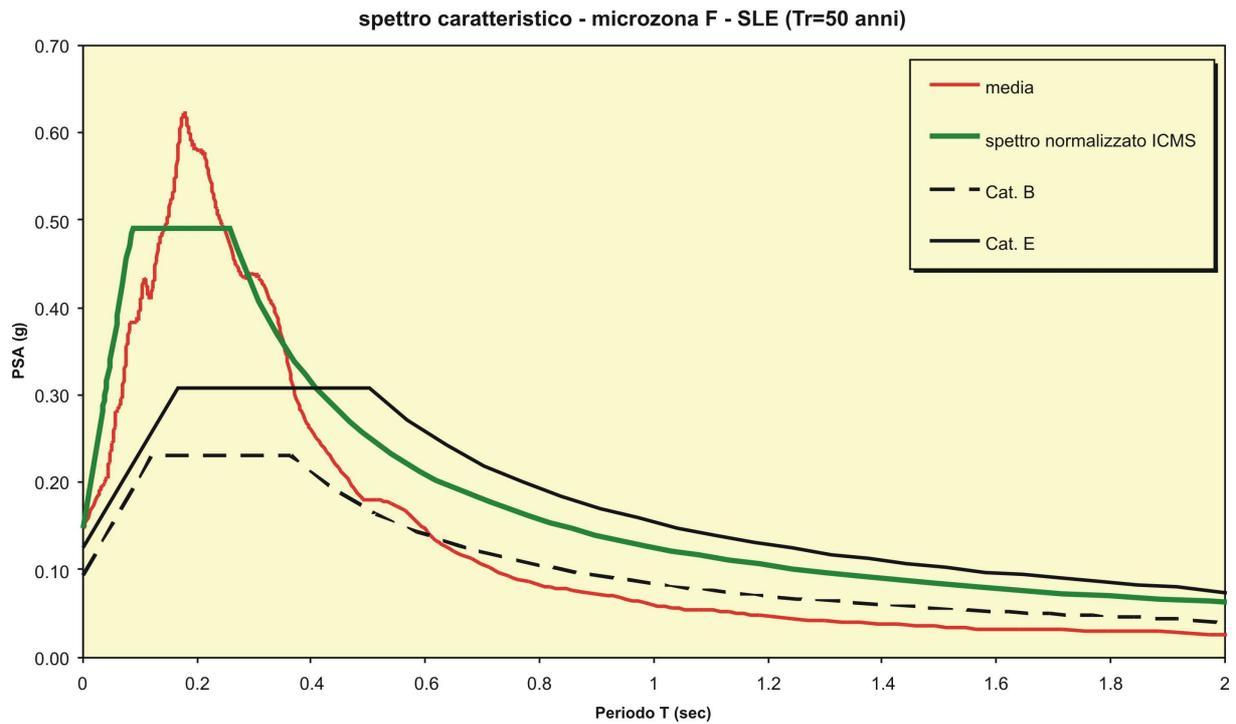


Fig. 7.4 – Spettro medio (curva rossa) relativo alla microzona F per un periodo di ritorno di 50 anni.

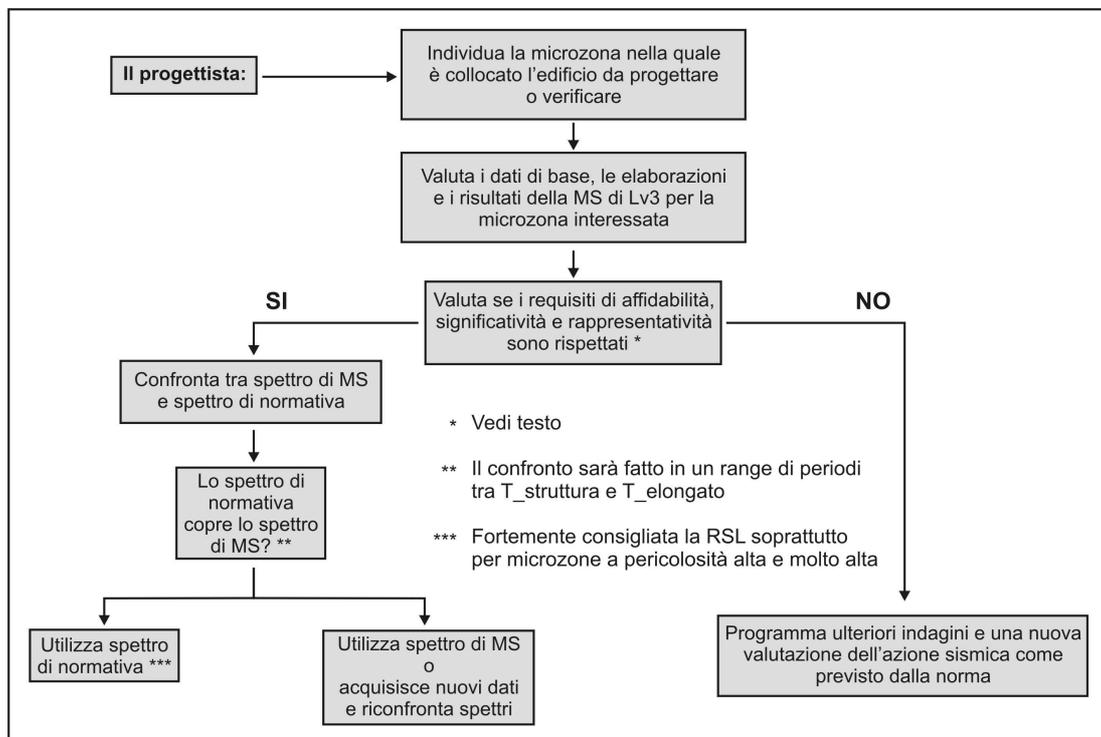


Fig. 7.5 – Diagramma di flusso della procedura per il possibile utilizzo degli spettri di risposta caratteristici (risultato della MS di livello 3) nella progettazione o verifica degli edifici.

Si ritiene opportuno, quindi, l'utilizzo (in maniera diretta mediante la definizione di spettri caratteristici e/o indiretta mediante la prescrizione dell'obbligatorietà in determinati contesti di

stima dell'azione sismica mediante analisi di risposta sismica locale) dei prodotti di output di una analisi dettagliata di microzonazione sismica di terzo livello ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

Infine, gli elaborati da produrre per uno studio di MS3, sulla base di quanto previsto dai vigenti Standard Nazionali, saranno i seguenti:

- database delle indagini e relativa carta in cui bisognerà riportare sia le indagini pregresse sia quelle realizzate ex novo;
- il database .mdb che viene generato in automatico dal software SoftMS e salvato nella cartella del programma in C:\SoftMS;
- Cartografie di MS3 per ogni località oggetto di studio e per ognuno dei Fattori di Amplificazione richiesti;
- Relazione sulle nuove indagini;
- Relazione generale illustrativa dello studio di MS3 (in cui siano sviluppati tutti i passaggi seguiti per l'implementazione dello studio di MS1 al terzo Livello);
- Spettri medi e relativi spettri caratteristici per i due periodi di ritorno previsti (475 anni e 50 anni) per ogni microzona stabile;
- Relazione specialistica in cui siano trattati tutti gli aspetti connessi con l'esecuzione delle analisi di risposta sismica in cui siano dettagliatamente descritti:
 - la sismicità di base;
 - la modalità di estrapolazione delle serie temporali di input;
 - il modello Geologico di Riferimento e relative sezioni geologico-tecniche da sottoporre ad analisi, con indicazione dei punti di output selezionati;
 - la parametrizzazione fisico-meccanica utilizzata per l'implementazione dei codici di calcolo di risposta sismica (assetto sismostratigrafico, pesi di volume, curve G/Go e D);
 - Indicazione dei codici di calcolo utilizzati per le analisi e dell'errore residuo associato all'analisi;
 - Descrizione dei risultati ottenuti;
 - Rappresentazione dei risultati in confronto con l'assetto geologico-tecnico del sito (sovrapponendo ad esempio la sezione modellata con i risultati in termini di FA);
 - Modalità di parametrizzazione delle instabilità e descrizione dei softwares utilizzati e dei risultati acquisiti.

Altri elaborati dovranno essere presentati solo se variati sostanzialmente rispetto allo studio di MS1

8.0 MODALITÀ DI RECEPIMENTO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEGLI STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI

Nell'ambito delle attività di pianificazione territoriale disciplinate dal **Regolamento Regionale di cui al DPGR 26R/2007**, sono previsti analisi ed approfondimenti sismici al fine di aggiornare il quadro conoscitivo del territorio. In particolare le analisi devono consentire l'individuazione delle "Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale" (ZMPSL) secondo i criteri meglio definiti al punto B.7 e C.5 dell'Allegato 1 del suddetto regolamento regionale.

La **Cartografia della ZMPSL** rappresenta ed individua qualitativamente gli elementi in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica, attraverso la raccolta degli elementi utili ad una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno principalmente in relazione alla misura diretta delle Vsh (Velocità delle onde di taglio).

Tale cartografia, di fatto, è equiparabile ad una cartografia delle "Microzone omogenee in prospettiva sismica" (carta MOPS o carta di microzonazione di livello 1), così come definita dagli ICMS, anche se per quest'ultima cartografia è generalmente richiesto un approfondimento di indagini superiore sia per l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, sia per la stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna e del contrasto di impedenza sismica atteso con le coperture.

Inoltre a partire dall'entrata in vigore (02/12/2011) del **Regolamento Regionale di cui al DPGR 53R/2011**, è richiesta obbligatoriamente per i Comuni che intendono rivedere il proprio strumento urbanistico, la realizzazione delle cartografie di microzonazione sismica di livello 1 (MOPS) e conseguentemente le cartografie di pericolosità sismica.

Pertanto, nei Comuni in cui sarà finanziata la realizzazione di cartografie di microzonazione sismica di **livello 1**, queste, una volta approvate dalla Regione Toscana, dovranno essere recepite ed integrate all'interno del Quadro Conoscitivo degli Strumenti Urbanistici vigenti; pertanto sarà necessario provvedere ad una Variante a tali Strumenti per recepire tali integrazioni.

Nel caso in cui le Amministrazioni Comunali non abbiano ancora conformato i propri Strumenti Urbanistici con quanto previsto dal Regolamento 53/R, le cartografie di microzonazione sismica di livello 1 dovranno essere, se lo Strumento Urbanistico è in corso di redazione, recepite in tale procedimento, costituendo a tutti gli effetti parte del nuovo atto in corso di adozione/approvazione.

Nel caso in cui le Amministrazioni Comunali abbiano approvato strumenti urbanistici nel periodo immediatamente precedente all'entrata in vigore del Regolamento 53/R e per questioni di opportunità non siano nelle condizioni di dare avvio ad un procedimento di un nuovo Piano Strutturale è possibile, per Strumenti Urbanistici redatti ai sensi del Regolamento 26/R oppure ai sensi della D.C.R. 94/1985, effettuare una Variante allo strumento vigente che introduca gli elementi di cui alle cartografie sopra citate.

La sintesi delle informazioni e la perimetrazione delle zone all'interno della "carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", dovrà permettere di:

1. valutare le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani secondo una graduatoria;
2. indirizzare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
3. programmare ulteriori indagini ed analisi;
4. definire i relativi livelli di approfondimento;
5. definire gli interventi ammissibili in una data area;
6. stabilire le eventuali modalità di intervento nelle aree urbanizzate.

La "carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" (carta MOPS) indicherà le aree suscettibili di eventuali problematiche a seguito di un evento sismico in modo tale da poter evidenziare le situazioni di criticità sulle quali porre attenzione al fine di effettuare una corretta pianificazione da disciplinare in maniera specifica nel regolamento urbanistico in funzione della destinazione d'uso prevista seguendo i medesimi criteri di cui al regolamento regionale 53R.

Infine per i Comuni in cui sarà finanziata e realizzata gli studi di microzonazione sismica di **livello 2 o 3**, queste, una volta approvate dalla Regione Toscana, dovranno essere recepite ed integrate all'interno del Quadro Conoscitivo degli Strumenti Urbanistici vigenti; pertanto sarà necessario provvedere ad una Variante a tali Strumenti per recepire tali integrazioni.

9.0 MODALITÀ DI RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI FINALI DEGLI STUDI DI MS

Tutti gli elaborati cartografici previsti per i livelli di MS dovranno essere restituiti sia su supporto cartaceo che su supporto informatico previa informatizzazione mediante tecnologia GIS.

Per le modalità di rappresentazione e archiviazione informatica si rimanda interamente agli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Per quanto concerne la documentazione tecnica, gli strumenti ed i “tool” esemplificativi per l’archiviazione informatica delle cartografie è possibile consultare il seguente sito web:

<http://www.regione.toscana.it/-/specifiche-tecniche-regionali-per-la-microzonazione-sismica>

Allo stesso indirizzo web è disponibile, per l’archiviazione delle indagini, un software “Soft_MS” che consente con modalità semiautomatiche l’inserimento di tutte le informazioni di natura alfanumerica relative alle indagini ed ai parametri ad esse collegate. Il prodotto finale è una banca dati strutturata mediante Database Access che permette poi di redigere la Carta delle Indagini mediante strumenti GIS.

Invece al seguente sito web è possibile consultare alcuni esempi di studi di Microzonazione sismica già realizzati:

<http://www.regione.toscana.it/-/risultati-indagini-e-studi-di-microzonazione-sismica>

Per quanto riguarda il sistema di coordinate di riferimento per tutte le cartografie e per i dati in formato digitali prodotti, deve essere adottato il sistema “WGS 1984 UTM Zona 33N”¹ *EPSG:32633*.

La base cartografica potrà essere fornita dalla Regione Toscana o dal Comune direttamente interessato dall’iniziativa in oggetto.

¹ Si specifica che negli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017)” è riportato il fuso UTM33N per questioni di omogeneità per tutta Italia, anche se la Toscana rientrerebbe invece nel fuso 32.

10.0 REDAZIONE DELLE ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA NELL'AMBITO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA

Si definisce come Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano quella condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro connessione e l'accessibilità rispetto al contesto territoriale.

Tale analisi comporta:

- a) l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza;
- b) l'individuazione delle infrastrutture di connessione e di accessibilità rispetto al contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto a) e gli eventuali elementi critici;
- c) l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione.

Nell'ambito della redazione degli studi di MS, i Comuni e le Unioni di comuni dovranno necessariamente predisporre le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (di seguito CLE), di cui all'art. 18 dell'OCDPC 532/2018. Ciò al fine di coordinare gli interventi sul territorio finalizzati alla mitigazione del rischio sismico, a partire dalla verifica di efficienza dei sistemi di gestione dell'emergenza, nelle loro componenti fisiche (edifici strategici, aree di emergenza, infrastrutture di connessione e accessibilità).

Ai sensi dell'art. 20 dell'OCDPC 532/2018, inoltre, le Regioni possono individuare i comuni su cui realizzare l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, per i quali esistano già studi di microzonazione sismica certificati.

In Regione Toscana non viene applicato il programma di cui all'art. 22 dell'OCDPC 532/2018, in quanto le modalità di individuazione degli edifici strategici che ospitano le funzioni di coordinamento degli interventi, soccorso sanitario e intervento operativo sono previste anche nel "Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano".

I soggetti attuatori dovranno individuare una figura tecnica (architetto, ingegnere, geometra o perito edile) per la redazione dell'analisi della CLE, che si avvarrà della collaborazione del geologo che ha realizzato gli studi di microzonazione sismica nella compilazione delle schede dell'analisi CLE, limitatamente alle sezioni che richiedono informazioni inerenti gli studi.

10.1 Strumenti operativi per la redazione dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza

L'analisi della CLE dell'insediamento urbano viene effettuata utilizzando gli strumenti predisposti dalla Commissione Tecnica di cui all'articolo 5 commi 7 e 8 dell'O.P.C.M. 3907/2010 ed emanata con Decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile del 27 Aprile 2012.

In particolare sono stati resi disponibili:

- il "Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza", che descrive le procedure per l'individuazione degli elementi e fornisce una guida alla compilazione delle relative Schede;
- il software "Soft_CLE" per l'archiviazione informatica delle Schede;
- le Strutture di archiviazione dei dati per MS e CLE (versione shapefile e versione geodatabase).

Sono allegati al Manuale, ma disponibili anche separatamente in quanto soggetti ad aggiornamento:

- gli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica", che contengono la struttura di archiviazione dei file, le legende e i layout per la redazione della cartografia;
- le "Istruzioni e Schede per l'analisi della CLE" – che contengono i fac-simile delle Schede e indicazioni sintetiche per la loro compilazione.

Tutti gli strumenti operativi sono scaricabili al seguente link:

<http://www.regione.toscana.it/-/c-l-e->

oltre che sul sito ufficiale della Protezione civile nazionale:

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_analisi_cle.wp

10.2 Modalità di presentazione dei risultati finali delle analisi della Condizione Limite per l’Emergenza

Il prodotto finale è una banca dati strutturata mediante Database che permette di redigere la Carta delle Condizioni Limite per l’emergenza mediante strumenti GIS.

Gli elaborati da produrre e consegnare per l’analisi della Condizione Limite per l’Emergenza sono quelli indicati negli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica”, a cui si rimanda per una descrizione dettagliata e che si riportano in estratto nel seguito (versione 3.0.1).

Nome cartella	Descrizione sintetica dei contenuti
<i>Nomecomune_S30</i>	Cartella principale contenente tutte le cartelle funzionali alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica e dell’analisi della Condizione Limite per l’Emergenza. Questa cartella deve essere rinominata con il nome del Comune per il quale si sta eseguendo lo studio.
BasiDati	Nella cartella BasiDati andranno inserite le carte di base utilizzate (es. CTR) in formato <i>raster</i> o vettoriale georeferenziate in WGS84UTM33N.
CLE	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> • Gli <i>shapefile</i> per l’analisi della CLE o il <i>geodatabase</i>: <ul style="list-style-type: none"> - CL_AC - CL_AE - CL_AS - CL_ES - CL_US • Il <i>database</i> CLE_db.mdb che contiene le tabelle relative alle schede: <ul style="list-style-type: none"> - scheda_ES - scheda_AE - scheda_AC - scheda_AS - scheda_US
GeoTec	Cartella contenente gli <i>shapefile</i> o i <i>geodatabase</i> riferiti ad elementi geologici e idrogeologici: <ul style="list-style-type: none"> • Epuntuali • Elineari • Forme • Geoidr • Geotec <p>Cartella nella quale inserire il <i>raster</i> georeferenziato della <i>Carta geologico-tecnica</i> prodotta e il file “Legenda”.</p>
Indagini	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> • gli <i>shapefile</i> delle indagini o i <i>geodatabase</i>: <ul style="list-style-type: none"> - Ind_pu - Ind_ln • il <i>database</i> “Cdi_tabelle” con le tabelle per l’archiviazione delle indagini. Se si utilizza SoftMS esportare il file con il comando “Esporta Comune”. • la cartella Documenti per inserire i documenti pdf delle Indagini_puntuali e delle Indagini_lineari
MS1	Contiene i seguenti <i>shapefile</i> o i <i>geodatabase</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Isosub • Instab • Stab
MS2	Identico contenuto della cartella MS1. Viene utilizzata per l’inserimento della Carta della microzonazione sismica di livello 2.
MS3	Identico contenuto della cartella MS1. Viene utilizzata per l’inserimento della Carta della microzonazione sismica di livello 3. Contiene anche la cartella “Spettri”, nella quale inserire gli spettri in formato .txt.
Plot	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> • la cartella MS nella quale inserire i file di stampa delle carte realizzate e la Relazione illustrativa • la cartella CLE nella quale inserire la Carta degli Elementi dell’analisi della CLE, con i relativi stralci e la Relazione illustrativa
Progetti	Cartella per eventuali progetti (per esempio .mxd realizzati in EsriArcGis”).
Vestiture	Cartella per le vestiture realizzate (librerie e simboli). Sono inoltre presenti i loghi della Conferenza delle regioni e delle Province Autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, per il <i>layout</i> delle carte

Si evidenzia che le cartelle funzionali all'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza sono: "Basi Dati", "CLE", "Plot", "Progetti" e "Vestiture". Le altre cartelle sono utilizzate per gli elaborati relativi agli studi di Microzonazione Sismica.

Oltre a quanto previsto dai suddetti Standard, è previsto, per la trasmissione del prodotto finale al competente ufficio della Regione Toscana, anche l'invio di una copia cartacea della cartografia e la generazione dei file pdf relativi alle Schede per l'analisi della CLE.

Per quanto riguarda il sistema di coordinate di riferimento per tutte le cartografie e per i dati in formato digitali prodotti, deve essere adottato il sistema "WGS 1984 UTM Zona 33N"² *EPSG:32633*.

La base cartografica potrà essere fornita dalla Regione Toscana o dal Comune direttamente interessato dall'iniziativa in oggetto.

10.3 Modalità di approvazione delle analisi della Condizione Limite per l'Emergenza

Ai sensi dell'art. 6 dell'OCDPC n. 532/2018, gli elaborati relativi all'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza dovranno essere consegnati alla Regione entro 240 giorni in caso di Comuni non associati, e 300 giorni da parte dei Comuni che fanno parte di un'unione o associazione di Comuni (a tal fine si prenderà a riferimento la data di assegnazione delle risorse).

La Regione effettua una preistruttoria di merito sia sugli aspetti tecnici che su quelli di natura informatica a seguito della quale possono essere necessarie richieste di integrazioni/correzioni da parte dei professionisti.

La Regione poi, una volta revisionato lo studio, trasmette i suddetti elaborati alla Commissione tecnica, che può richiedere chiarimenti, modifiche o approfondimenti delle analisi della CLE, e la Regione ne assicura l'esecuzione da parte degli enti.

La Regione, acquisito il parere della Commissione tecnica, approva le analisi della CLE e certifica che i soggetti realizzatori abbiano rispettato le specifiche definite dalle Regioni e dalla Commissione tecnica, nonché le ulteriori clausole contrattuali, redigendo un certificato di conformità, a seguito del quale viene erogato il saldo.

10.4 Interdipendenza tra analisi della CLE, pianificazione dell'emergenza e strumenti urbanistici

Gli elementi considerati nell'analisi dell'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza sono da identificare innanzitutto nei piani di emergenza. L'analisi della CLE deve essere intesa infatti come strumento di "verifica" di alcuni elementi fisici del sistema di gestione dell'emergenza già individuato nel piano di protezione civile e non può in alcun modo essere sostitutiva del piano stesso, in particolar modo nell'individuazione dei siti e delle strutture strategiche di gestione delle emergenze.

Pertanto, in caso di indisponibilità di un piano, come chiarito al capitolo 1 paragrafo 2.3 del Manuale per l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza: "*...deve essere intrapresa dall'Amministrazione l'attività di individuazione dei siti e delle strutture che si concretizzi in un piano, ancorché stalcio o di natura speditivi da sottoporre all'approvazione secondo le modalità previste dalla normativa...*".

Sulla base di quanto indicato si ritiene che gli Enti sprovvisti di piano di emergenza che intendano procedere all'effettuazione dell'analisi della CLE debbano avviare contestualmente l'attività di pianificazione, e nelle more dell'approvazione definitiva del piano di emergenza debbano definire una procedura volta almeno all'individuazione degli elementi necessari per la redazione dell'analisi della CLE (Aree di emergenza ed Edifici strategici), che dovrà risultare coerente con quelli riportati nel piano ufficialmente approvato.

Come indicato all'art. 18 comma 3 dell'OCDPC 532/2018 - e ribadito nelle raccomandazioni della Commissione Speciale di Protezione Civile della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome del 24 marzo 2014 - l'analisi della CLE, una volta realizzata, deve essere recepita nella pianificazione dell'emergenza, nelle forme e nelle modalità definite dalle singole Regioni e Province Autonome in coerenza con la propria normativa.

Il Piano operativo regionale di protezione civile della Toscana, approvato con Delibera G.R.T. n. 1040 del 25 novembre 2014, prevede in particolare che "*qualora l'analisi CLE evidenzi una vulnerabilità logistica delle*

² Si specifica che negli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" redatti dal DPC (versione 3.0.1, Settembre 2015) è riportato il fuso UTM33N per questioni di omogeneità per tutta Italia, anche se la Toscana rientrerebbe invece nel fuso 32.

sedi di coordinamento strategiche individuate nel piano (COC, COM, SOPI o altre sale operative), queste dovranno formalmente essere modificate e sostituite nel piano di protezione civile entro un termine di 90 giorni” (Paragrafi 1.1 e Allegato A-1.1).

Inoltre la Legge regionale n. 65 del 10 novembre 2014 “Norme per il governo del territorio” indica che “*il piano comunale di protezione civile di cui alla l.r. 67/2003, costituisce parte integrante del piano operativo ed è aggiornato in caso di eventi calamitosi. Tale aggiornamento costituisce variante automatica al piano operativo” (art. 104 comma 4).*

11.0 MODALITÀ DI FINANZIAMENTO DEGLI STUDI DI MS E DELLE ANALISI CLE E TEMPISTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEGLI STUDI

Per quanto riguarda le risorse economiche, per l'attività di indagini e studio per la MS e per le analisi CLE, con l'ord. CDPC n.532/2018 sono stati stanziati, per l'annualità 2016, 8 milioni di euro da ripartire tra le Regioni sulla base dell'indice medio di rischio sismico determinato secondo i criteri di cui all'allegato 2 della suddetta ordinanza.

Su tale base il DPC ha predisposto per la Regione Toscana, per l'annualità 2016, un finanziamento di 329.266,01 euro per gli studi di MS e per le analisi CLE.

Inoltre all'art.2 comma 7 dell'Ord. CDPC n.532/2018 è prevista la possibilità, da parte delle Regioni, di poter utilizzare una quota parte delle risorse economiche assegnate (fino al 2% della quota totale assegnata) per la realizzazione, anche con modalità informatiche, delle procedure connesse alla concessione dei contributi di cui alla presente ordinanza.

La Regione Toscana, nell'ambito del presente atto, ha previsto tale possibilità, attivando un progetto specifico di "Supporto per l'archiviazione informatica e l'implementazione Portale Web-GIS relativo alle indagini e studi di Microzonazione Sismica Comunale e alle analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza" che prevede un ampliamento temporaneo della dotazione organica di personale regionale finalizzata anche a migliorare il supporto tecnico nei confronti degli Enti Locali e del mondo professionale. Pertanto le risorse disponibili (decurtate delle somme relative al fondo del 2%) per questa annualità di finanziamento ammontano ad **euro 271.200,64**.

La Regione intende giungere, in un periodo relativamente breve, alla conoscenza diffusa sull'intero territorio regionale, attraverso una microzonazione sismica almeno di **livello 2**, laddove applicabile, rivolta a:

- i Comuni che possiedono uno studio di MS di livello 1, realizzato con finanziamenti propri e già approvato dai Geni Civili territoriali competenti;
- i Comuni che possiedono uno studio di MS di livello 1, realizzato con finanziamenti regionali e/o nazionali di cui all'art.11 L.77/2009 e già approvati dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica.

Inoltre, parallelamente al suddetto obiettivo prioritario, la Regione intende avviare la redazione di studi di microzonazione sismica di **livello 3** rivolta a:

- i Comuni classificati in zona sismica 2 ed appartenenti al Programma Regionale VEL (di cui alla Del. G.R.T. n. 841 del 26.11.2007), che possiedono studi di microzonazione sismica di livello 1 già approvati dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica oppure già approvati dai Geni Civili territoriali competenti;

Pertanto, sulla base dei suddetti obiettivi, una parte della somma totale disponibile per l'annualità 2016, sarà destinata per studi di microzonazione sismica almeno di livello 2 e/o per le analisi CLE, mentre una seconda parte sarà destinata per incentivare studi di microzonazione sismica di livello 3.

Tale finanziamento nazionale, pari a euro **271.200,64** sarà in generale destinato ai Comuni beneficiari, già individuati con decreto in corso di approvazione, a seguito di procedura di evidenza pubblica.

Tali Comuni dovranno necessariamente contribuire con un cofinanziamento della spesa in misura non inferiore al 25% del costo di tali studi e gli studi di MS dovranno essere accompagnati obbligatoriamente dalle analisi della CLE, qualora non sia già disponibile, realizzata ai sensi di quanto previsto dall'art.18 dell'CDPC n.532/2018 e secondo quanto stabilito ai precedenti parr.9.0 e 10.0.

L'importo previsto dal fondo **271.200,64 euro** per la realizzazione degli studi di MS e delle analisi CLE, sarà quindi ripartito nel seguente modo, prevedendo alcune disposizioni specifiche:

- **156.000 euro** per lo svolgimento degli studi di MS di livello 2 secondo le modalità di cui all'art.7 comma 1) e tabella 10.2 e per le analisi CLE, laddove non già disponibile, secondo le modalità di cui all'art.18 dell'Ord. CDPC n.532/2018, limitatamente ai soli Comuni che già dispongono di studi di MS di livello 1 già approvati e per i quali è possibile l'applicazione degli abachi per la MS di livello 2 (ai sensi di quanto previsto dall'art.17 comma 1 e 4 dell'Ord. CDPC n.532/2018). Per tali soggetti è obbligatorio un cofinanziamento da parte dell'Ente Locale in misura non inferiore al 25% del costo di tali studi (tabella 10.2). Per i Comuni che possiedono uno studio di MS di livello 1, realizzato con finanziamenti regionali e/o nazionali di cui all'art.11 L.77/2009 e già

approvati dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica sono ridotti alla metà gli importi massimi del contributo, come riportato nella tabella 10.3;

- **i restanti 115.200,64 euro** per lo svolgimento degli studi di MS di livello 3 secondo le modalità di cui all'art.7 comma 2) e tabella 10.3 e per le analisi CLE (secondo le modalità di cui all'art.18 dell'Ord. CDPC n.532/2018), prevedendo quindi un cofinanziamento obbligatorio da parte dell'Ente Locale in misura non inferiore al 25% del costo di tali studi. Tale disposizione si applica esclusivamente per i Comuni classificati in zona sismica 2 ed inseriti nell'ambito del Programma regionale VEL (vedi tab.10.1)

Gli studi di MS e le analisi CLE dovranno essere realizzati entro e non oltre 240 giorni dall'affidamento degli incarichi relativi.

Il contributo sarà erogato dalla Regione Toscana direttamente al Comune interessato per stadi di avanzamento delle attività.

L'acconto che sarà pari al 70% del contributo sarà erogato dopo la presentazione da parte del Comune della richiesta di contributo a cui dovrà allegare la determina di incarico nei confronti del Gruppo di Lavoro (GdL così come definito al precedente cap.4) sia per la realizzazione degli studi di MS che per l'analisi delle CLE. La Regione si riserva di non accettare la richiesta di contributo nel caso in cui non venisse accertata l'esperienza maturata nell'ambito degli studi di MS da parte del GdL.

Il saldo del 30% del contributo fissato sarà erogato al termine dello studio, dietro presentazione dei risultati finali e a seguito della certificazione dello studio di MS e delle analisi CLE che avverrà entro 90gg dalla data di presentazione degli elaborati finali previsti.

12.0 MODALITÀ DI CONTROLLO E CERTIFICAZIONE DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA

La Regione Toscana effettuerà controlli nei confronti del “Soggetto Realizzatore”, in differenti fasi, nel corso dell’avanzamento dello studio di MS, attraverso riunioni periodiche e/o sopralluoghi tecnici e si riserva di richiedere integrazioni di indagini qualora ne ravvedesse la necessità.

Il “Soggetto Realizzatore” è obbligato a eseguire quanto richiesto, indipendentemente dall’entità del finanziamento concesso.

Tali funzioni di controllo nei confronti del “Soggetto Realizzatore”, hanno il compito di poter consentire una supervisione generale circa il livello di conoscenza acquisito nel corso degli studi, il modello geologico-tecnico di sottosuolo, il modello di calcolo adottato ed i risultati conseguiti.

Nel corso del controllo sul livello di conoscenza acquisito e la stima relativa al livello di qualità raggiunto, la Regione Toscana farà riferimento al documento nazionale relativo alla procedura semi-quantitativa per la qualità della carta di microzonazione sismica, meglio definita in Appendice 2.

Gli studi di MS, una volta consegnati dal “Soggetto Realizzatore” e revisionati dalla Regione Toscana, verranno poi inviati alla “Commissione Tecnica Nazionale per la Microzonazione Sismica” che fornirà il parere relativo alla congruità con gli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Una volta acquisito il parere della Commissione, la Regione Toscana provvederà ad approvare gli studi effettuati certificando che i “Soggetti Realizzatori” hanno rispettato le specifiche tecniche regionali per la MS, gli ICMS, nonché le ulteriori clausole contrattuali.

APPENDICE 1

GUIDA PER IL RECUPERO DATI PREGRESSI NELL'AMBITO DELLO STUDIO DI MS DI LIVELLO 1

Ai fini della perimetrazione e suddivisione delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale, il recupero dei dati pregressi esistenti nel territorio in esame risulta di fondamentale importanza. Tale attività deve essere realizzata prioritariamente all'impostazione delle nuove campagne di indagini in modo da poter effettuare una corretta programmazione nelle aree meno conosciute, limitando anche i costi.

Si richiamano tutti i Professionisti quindi ad effettuare uno sforzo per recuperare tutte le informazioni esistenti sul territorio e presenti sia nell'ambito della carta dei dati di base degli strumenti urbanistici, sia nell'ambito della Banche Dati realizzate dalle Amministrazioni Comunali, Provinciali, Regionali e Statali.

Di seguito si riporta un elenco, non certamente esaustivo e limitato al livello nazionale e regionale, relativo alle banche dati di maggior interesse ad oggi disponibili per la consultazione in rete.

Portale del Servizio Geologico d'Italia. Il portale è contenuto nel sito WEB dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ed include, oltre a varie cartografie geologico-tematiche di base, i seguenti archivi di particolare interesse ai fini della microzonazione:

Indagini del sottosuolo (L.464/84): rappresenta il database delle indagini di sottosuolo eseguite tramite perforazioni sia per scopi di ricerche idriche che per opere di ingegneria civile, i cui documenti sono pervenuti al Servizio Geologico d'Italia in ottemperanza alla Legge 464/84;

Sondaggi profondi: raccoglie i sondaggi profondi realizzati per la ricerca di idrocarburi, liberalizzati dal Ministero dello Sviluppo Economico;

Faglie capaci (ITHACA): raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali;

Geofisica: contiene la Carta Gravimetrica d'Italia alla scala 1:1.000.000 ed alla scala 1:250.000. Sono inoltre visualizzabili le linee sismiche del progetto CROP e le indagini geofisiche effettuate ex Legge 464/84 oltre a quelle effettuate dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA.

Archivi Regione Toscana. Sotto questa denominazione possono includersi le seguenti banche dati, disponibili sul sito della Regione Toscana, su quello del Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale (LaMMA) e su quello del Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana (SIRA).

Banca dati del sottosuolo: ad oggi raccoglie ed omogeneizza i dati su pozzi e derivazioni per i quali è stato fatto richiesta di concessioni e/o autorizzazioni dalle Amministrazioni provinciali. Oltre ai pozzi delle 10 Province toscane e del Circondario Empolese - Valdelsa, sono presenti i dati sulle sorgenti (fonte Prov.) e i piezometri (fonte Centro Funzionale Regionale e AdB regionali);

Banca dati indagini geotematiche: la documentazione resa disponibile è il risultato di una importante attività di informatizzazione dei dati geotematici presenti nelle pubbliche amministrazioni. Nella BDIG sono presenti circa 37.000 allegati tecnici alle indagini suddivisi in relazioni geologico-tecniche, cartografia geotematica e indagini geotecniche per la maggior parte delle quali viene riportata l'ubicazione secondo una geometria puntuale o lineare a seconda della tipologia;

Banca dati stratigrafica della Toscana: la banca dati raccoglie stratigrafie georeferenziate reperite presso Enti pubblici ed Università nell'ambito del progetto finalizzato alla ricostruzione geometrica dei corpi idrici sotterranei significativi;

Banca dati corpi idrici sotterranei: contiene la perimetrazione dei corpi idrici sotterranei e la loro ricostruzione geometrica tridimensionale;

Banca dati geotermia: raccoglie le indagini geotermiche in senso lato, siano esse indagini geologiche, geotecniche, geofisiche o idrogeologiche, in-situ e in laboratorio, provenienti da archivi esistenti forniti dalla Regione Toscana (Settore Energia e Miniere) e dal CNR/IGG di Pisa;

Banca dati concessioni acque minerali e termali: contiene, per le varie concessioni, le caratteristiche anagrafiche e posizionali di pozzi e sorgenti, mettendone in risalto le caratteristiche geologiche tramite l'inserimento delle stratigrafie e degli schemi di tubaggio dei pozzi, ove presenti

Carta geologica regionale: la carta geologica di base alla scala 1:10.000

Banca dati frane e coperture: lo strumento - inventario dei corpi di frana presenti sul territorio regionale censiti dai numerosi strumenti urbanistici e nel corso di precedenti progetti regionali ed arricchito di elementi di nuova interpretazione

In particolare, tra le BD regionali le più interessanti ai fini del reperimento di indagini esistenti per la microzonazione sono le prime tre, che contengono, sotto varie forme, indicazioni stratigrafiche, geotecniche e geofisiche.

Nella tabella 1 allegata sono riportati gli indirizzi web e le caratteristiche principali di tutti gli archivi sopracitati.

Tab.1 - Indirizzo WEB e contenuti delle banche dati nazionali e regionali più significative ai fini della microzonazione

Nome	Indirizzo WEB	Contenuto
Indagini del sottosuolo (L.464/84)	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html	Rappresenta il database delle indagini di sottosuolo eseguite tramite perforazioni sia per scopi di ricerche idriche che per opere di ingegneria civile, i cui documenti sono pervenuti al Servizio Geologico d'Italia in ottemperanza alla Legge 464/84. E' visionabile su geoportale e le stratigrafie associate sono in forma digitale alfanumerica
Sondaggi profondi	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html	Raccoglie i sondaggi profondi realizzati per la ricerca di idrocarburi, liberalizzati dal Ministero dello Sviluppo Economico. E' visionabile su geoportale e le stratigrafie associate sono in documenti collegati
Faglie capaci (ITHACA)	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html	Raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. E' visionabile su geoportale
Geofisica	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html	Contiene la Carta Gravimetrica d'Italia alla scala 1:1.000.000 ed alla scala 1: 250.000. Sono inoltre visualizzabili le linee sismiche del progetto CROP e le indagini geofisiche effettuate ex Legge 464/84 oltre a quelle effettuate dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA. E' visionabile su geoportale e gli elementi associati sono in documenti collegati.
Banca dati del sottosuolo	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-sottosuolo	Ad oggi raccoglie ed omogeneizza i dati su pozzi e derivazioni per i quali è stato fatto richiesta di concessioni e/o autorizzazioni dalle Amministrazioni provinciali. Oltre ai pozzi delle 10 Province toscane e del Circondario Empolese - Valdelsa, sono presenti i dati sulle sorgenti (fonte Prov) e i piezometri (fonte Centro Funzionale Regionale e ADB regionali); E' visionabile su Google Earth con stratigrafie digitali alfanumeriche. E' altresì scaricabile in formato vettoriale.
Banca dati indagini geotematiche	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-indagini-geotematiche	La documentazione resa disponibile è il risultato di una importante attività di informatizzazione dei dati geotematici presenti nelle pubbliche amministrazioni. Nella BDIG sono presenti circa 37.000 allegati tecnici alle indagini suddivisi in relazioni geologico-tecniche, cartografia geotematica e indagini geotecniche per la maggior parte delle quali viene riportata l'ubicazione secondo una geometria puntuale o lineare a seconda della tipologia. E' visionabile su Google Earth con stratigrafie in documenti collegati. E' altresì scaricabile in formato vettoriale.
Banca dati stratigrafica della Toscana	http://sira.arp.toscana.it/sira/index.html	La banca dati raccoglie stratigrafie georeferenziate reperite presso Enti pubblici ed Università nell'ambito del progetto finalizzato alla ricostruzione geometrica dei corpi idrici sotterranei significativi. E' visionabile su Google Earth con stratigrafie digitali alfanumeriche. E' altresì scaricabile in formato vettoriale.
Banca dati corpi idrici sotterranei	http://www.lamma.rete.toscana.it/corpi-idrici-sotterranei	contiene la perimetrazione dei corpi idrici sotterranei e la loro ricostruzione geometrica tridimensionale
Banca dati geotermia	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-geotermia	raccoglie le indagini geotermiche in senso lato, siano esse indagini geologiche, geotecniche, geofisiche o idrogeologiche, in-situ e in laboratorio, provenienti da archivi esistenti forniti dalla Regione Toscana (Settore Energia e Miniere) e dal CNR/IGG di Pis
Banca dati concessioni acque minerali e termali	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-concessioni-acque-minerali-e-termali http://www.acquemineralitermali.toscana.it/ (in costruzione)	contiene, per le varie concessioni, le caratteristiche anagrafiche e posizionali di pozzi e sorgenti, mettendone in risalto le caratteristiche geologiche tramite l'inserimento delle stratigrafie e degli schemi di tubaggio dei pozzi, ove presenti
Carta geologica regionale	http://www.lamma.rete.toscana.it/continuum-geologico-regionale	Il continuum della carta geologica di base alla scala 1:10.000
Banca dati frane e coperture	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-frane	lo strumento - inventario dei corpi di frana presenti sul territorio regionale censiti dai numerosi strumenti urbanistici e nel corso di precedenti progetti regionali ed arricchito di elementi di nuova interpretazione

APPENDICE 2

PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA PER STABILIRE LA QUALITÀ DELLA CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La procedura da seguire è la seguente:

- 1) Costruire sull'area³ da investigare un reticolato di celle quadrate, tutte uguali, orientate N-S e E-W, con il lato di 250 m.
- 2) Compilare la matrice della tabella riportata di seguito. La tabella prevede n. 6 **parametri** (carta geologico-tecnica, sondaggi a distruzione, sondaggi a carotaggio continuo, indagini geofisiche, prove geognostiche, misure delle frequenze di sito) ai quali viene assegnato un **peso**; ogni parametro prevede 3 **indicatori** ai quali verrà assegnato un **punteggio** che deve essere moltiplicato per il peso corrispondente⁴.
- 3) La somma dei valori dei parametri permetterà di stilare una classifica di qualità:
 - **Classe A**, valori superiori a 75%; indicazioni nessuna, carta di livello 1 di ottima qualità;
 - **Classe B**, valori intervallo (50%-74%); indicazioni: migliorare almeno uno dei parametri;
 - **Classe C**, valori intervallo (25%-49%); indicazioni: programmare indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità;
 - **Classe D**, valori inferiori a 25%; indicazioni: la carta di livello 1 è di scarsa qualità e non risponde ai requisiti minimi richiesti dagli ICMS e dalle suddette specifiche.

La procedura predisposta è stata tarata e calibrata in relazione ad un contesto geologico-tecnico omogeneo ed uniforme; naturalmente in relazione alla maggiore complessità geologica dell'area in esame, sarebbe opportuno approfondire il quadro conoscitivo attraverso un maggior numero di indagini al fine di poter raggiungere un livello di attendibilità equiparabile a quello relativo ad un contesto geologico più semplice.

³ L'area su cui costruire il reticolato di celle, almeno in questa prima fase sperimentale di applicazione, deve essere costruita solo nelle aree in cui sono presenti i depositi di copertura, mentre non deve essere applicata al substrato roccioso affiorante e/o subaffiorante

⁴ Per le seguenti tipologie di indagini: misure di frequenze del sito ed indagini geofisiche, poiché queste informazioni sono invece molto utili anche in presenza di substrato roccioso per individuare l'eventualità che questo possa rappresentare o meno un bedrock sismico, si dispone che il reticolato di cella debba essere costruito su tutta l'area anziché sulle sole coperture, come per le altre tipologie di indagini.

Tabella 2 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	<i>Ad hoc</i>
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarello <i>et alii</i>)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedei, E. Paolucci, D.Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll.Geofis.Teor.Appl.

Formula

I=Numero di Parametri

J_i=Numero di Indicatori relativi al parametro i-mo

P_i = peso del Parametro i-mo

S_{ij}=Punteggio relativo all'Indicatore j-mo del Parametro i-mo

FQ = Fattore di qualità (%)

$$FQ = \left[\frac{100}{\sum_{i=1}^I P_i} \right] \sum_{i=1}^I P_i \left(\frac{\sum_{j=1}^{J_i} S_{ij}}{J_i} \right) = \left[\frac{100}{4} \right] \sum_{i=1}^I P_i \left(\frac{\sum_{j=1}^{J_i} S_{ij}}{J_i} \right)$$

Esempio applicativo

- Carta geologico tecnica (1), recente (1*0.33) alla scala 2000 (1*0.33) allegata al piano urbanistico (0.66*0.33) – Tot = **0.87***1
- Sondaggi a distruzione (0.50), in numero di 7 (0.66*0.33) concentrati in una sola cella (0*0.33) con nessuno che arriva al substrato (0*0.33) – Tot=**0.22***0.50
- Sondaggi a carotaggio continuo (1), in numero di uno (0.33*0.33) in una cella (0.33*0.33) che arriva al substrato (0.33*0.33) – Tot=**0.33***1
- Indagini geofisiche (0.50), in numero di 6 (0.66*0.25) su 5 celle (0.66*0.25) con una che arriva al substrato rigido (0.33*0.25) - Tot=**0.42***0.50
- Prove geotecniche (0.25), non sono presenti prove - Tot=**0***0.25
- Misura delle frequenze di risonanza (0.75), in numero di 10 (0.66*0.33) distribuiti sulla metà delle celle (0.66*0.33) solo due di classe A (0.33*0.33) – Tot=**0.54***0.75

FQ=(100/4)*(1*(1*0.33+1*0.33+0.66*0.33)+0.50*(0.66*0.33+0*0.33+0*0.33)+1*(0.33*0.33+0.33*0.33+0.33*0.33)+0.50*(0.66*0.25+0.66*0.25+0.33*0.25+0*0.25)+(0.25*0)+0.75*(0.66*0.33+0.66*0.33+0.33*0.33))= **48% (Classe C)**

Commento

- La cartografia geologica è buona: soddisfa le condizioni al 90%
- I sondaggi a distruzione sono scarsi: soddisfa le condizioni al 22%
- I sondaggi a carotaggio continuo sono buoni, ma pochi: soddisfa le condizioni al 33%
- Le indagini geofisiche sono buone ma scarse: soddisfa le condizioni al 42%
- Le prove geotecniche mancano: soddisfa le condizioni allo 0%
- Le misure di rumore ambientale sono tante, ma mal distribuite e di bassa qualità: soddisfa le condizioni al 54%

Suggerimento

Potenziare i sondaggi a carotaggio continuo e fare prove geognostiche

APPENDICE 3

LEGENDA TIPO PER L'IMPOSTAZIONE DELLA CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI TERRENI

Esempio di legenda per la rappresentazione di f_0 ed A_0 :

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

APPENDICE 4

INDICAZIONI SULLE INDAGINI GEOFISICHE PER LA MS

Si fa presente che, per quanto concerne i dati di base raccolti, le nuove indagini e i rilievi effettuati nel corso dei vari livelli di approfondimento degli studi di MS si dovrà tener conto delle indicazioni generali riportate nel par. 1.6.2 degli ICMS e si dovrà tener conto delle procedure per la predisposizione delle indagini riportate al par. 2.1 degli stessi ICMS.

Per quanto riguarda la modalità di realizzazione, acquisizione dati e presentazione dei risultati inerenti le indagini e i rilievi geologici, le indagini geofisiche e geotecniche si deve fare riferimento a quanto contenuto al par.3.4 degli ICMS e per quanto non specificato alle Istruzioni Tecniche del Programma VEL.

Per la valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva, per gli aspetti non contemplati dagli ICMS, si fa riferimento alla pubblicazione di *Foti et al. (2010)*.

Fermo restando i riferimenti normativi e tecnici di cui sopra si intende sottolineare particolarmente alcuni aspetti che sono ritenuti importanti nella fase di programmazione ed esecuzione delle indagini:

- le **misure passive a stazione singola (HVSRR)**, ritenute importanti ed essenziali per uno studio di livello 1, in quanto forniscono un valido strumento a basso costo per la stima della frequenza fondamentale del sito, ma non consentono in alcun modo di poter definire un modello geologico di sottosuolo (anche semplificato) se non in presenza di opportune tarature tramite indagini geognostiche dirette e/o sismiche attive.
- le **misure in array monodimensionale (prove ReMi)**, sono anch'esse ritenute valide in contesti caratterizzati da un modello di strati piano-paralleli e possono fornire valori di Vs sufficientemente attendibili solo in contesti in cui il rumore ambientale sia distribuito arealmente in maniera omogenea (condizione difficilmente valutabile a priori), o comunque quando lo stendimento è posto parallelamente alla direzione di provenienza del rumore. Quando ciò non avviene è possibile che i valori di Vs apparenti differiscano da quelli reali. Pertanto, con queste limitazioni, si consiglia di ricorrere a tali indagini solo se si associa alla prova in array monodimensionale una misura di rumore a stazione singola per determinare la direzione prevalente del rumore, al fine di porre lo stendimento nella direzione ideale.
- le **misure in array bidimensionale (antenna sismica)** necessitano di un'elaborazione simile alle indagini ReMi, partendo però dalla disposizione di geofoni secondo una configurazione bidimensionale. Tale assetto permette di superare le limitazioni nella stima delle Vs delle prove con array monodimensionale; pertanto le prove con antenna sismica sono da considerare metodi validi per la caratterizzazione sismica di un sottosuolo il cui assetto sia rappresentabile tramite un modello monodimensionale, ovvero nel caso in cui si verifichi una condizione di stratificazione piano-parallela del sottosuolo.
- le **indagini geofisiche di superficie di tipo MASW**, possono essere utilizzate esclusivamente in contesti sismostratigrafici piano-paralleli (per esempio terreni alluvionali con geometrie ragionevolmente orizzontali) e, quindi, è sempre buona norma verificare tale condizione mediante l'esecuzione di energizzazioni su entrambi gli estremi dello stendimento. Inoltre, poiché il metodo MASW propone molteplici soluzioni valide da un punto di vista fisico-matematico con conseguenti ambiguità o non univocità in termini di ricostruzione del modello sismostratigrafico, è particolarmente necessario disporre sempre di una affidabile taratura stratigrafica o di altre prove di esplorazione del sottosuolo, per guidare l'interpretazione geofisica. Agli elaborati depositati, dovranno essere allegati (coerentemente a quanto prescritto dalle Istruzioni Tecniche del Programma VEL) i dati relativi a: strumentazione utilizzata, geometria del sistema di acquisizione, risultato dello spettro utilizzato, profilo delle Vs derivante dal

processo di elaborazione, completo di grafico di misfit. Inoltre, poiché la profondità d'investigazione è funzione sia della lunghezza dello stendimento sia del contenuto in frequenze del segnale generato, a sua volta dipendente dal tipo di sorgente, si ritiene opportuno sia l'utilizzo di stendimenti caratterizzati dalla maggiore lunghezza possibile (in base alla disponibilità logistica), sia l'utilizzo di due diversi tipi di sorgente, come ad esempio due martelli con massa differente di cui uno >60 Kg. Nel caso ci fossero difficoltà e la registrazione delle tracce più esterne risultasse problematica a causa della distanza e/o dell'attenuazione intrinseca del terreno è necessario utilizzare come sorgente l'esplosivo ad integrazione delle precedenti acquisizioni. Infine, qualora si ritenga che il sito sia caratterizzato da elevati spessori (ad esempio >40 m) si consiglia di abbinare alle misure MASW attive, indagini passive (preferibilmente misure in array bidimensionale), al fine di ricostruire il modello di sottosuolo tramite analisi congiunta;

- le **indagini geofisiche di sismica a rifrazione con onde P e SH** sono particolarmente consigliabili in presenza di buoni contrasti di impedenza sismica e target di investigazione preferibilmente entro i 30-40 m dal piano campagna. Tale metodologia è particolarmente adatta in quelle situazioni in cui il contesto sismostratigrafico risulta spiccatamente bidimensionale (per esempio le zone di bordo della valle).

APPENDICE 5

ABACHI REGIONALI PER LA STESURA DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE DI LIVELLO 2

Di seguito si riportano gli abachi regionali per la stima semplificata dell'amplificazione litostratigrafica nell'ambito di studi di microzonazione sismica di livello 2. Gli abachi sono distinti per macroarea geografica, entità dell'input sismico in funzione della pericolosità di base del sito, spessore delle coperture sismiche maggiore o inferiore a 30m. In ogni figura i due abachi riportano i due differenti fattori di amplificazione indicati al capitolo 6, a cui si rimanda per approfondimenti e per le modalità di utilizzo degli abachi litostratigrafici.

Toscana appenninica (substrato geologico > 30 m)

Valore di ag (TR=475 anni) $\geq 0.15g$



0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.7	1.0								0.8
300	1.1	1.5	1.8	2.0	2.0	1.8	2.0	1.9	2.0	1.6
500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
≥ 800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.3	2.0								1.3
300	1.5	2.3	2.0	1.9	2.1	1.9	1.8	1.8	1.3	2.2
500	1.4	2.0	1.8	1.5	1.6	1.7	1.5	1.5	1.5	1.8
700	1.2	1.7	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
≥ 800	1.5	2.0		1.3	1.1	1.1			1.3	1.3

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	12	2							
300	608	3298	1181	248	203	62	74	31	49
500	905	1906	1307	859	390	275	160	153	373
700	250	238	275	155	134	108	80	123	597
≥ 800	12	16		28	2	12			42

Classi	
Frequenza (Hz)	f0 < 1
	1.5 1 ≤ f0 < 2
	2.5 2 ≤ f0 < 3
	3.5 3 ≤ f0 < 4
	4.5 4 ≤ f0 < 5
	5.5 5 ≤ f0 < 6
	6.5 6 ≤ f0 < 7
	7.5 7 ≤ f0 < 8
Velocità (m/s)	≥ 8
	Vs < 200
	300 200 ≤ Vs < 400
	500 400 ≤ Vs < 600
	700 600 ≤ Vs < 800
Vs ≥ 800	

Toscana appenninica (substrato geologico ≤ 30 m)



Valore di ag (TR=475 anni) ≥ 0.15g

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.8	1.3	1.9	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	1.8
300	0.6	1.3	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.9
500		1.0	1.8	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.7
700	0.8	1.1			1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.5
≥800									1.3	1.3

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.4
300	1.5	2.3	1.8	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.6
500		2.2	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2
700	1.6	2.0			1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
≥800									1.0	1.0

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	5	66	66	46	49	49	56	34	245
300	1	224	1347	1218	524	391	214	205	860
500		13	59	385	812	492	293	290	1646
700	1	11			19	75	71	25	330
≥800									70

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
Vs≥800	

Toscana appenninica (substrato geologico > 30 m)



Valore di ag (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.8	1.0								1.0
300	1.2	1.5	1.9	1.9	2.0	1.9	2.1	2.1	1.9	1.7
500	1.2	1.4	1.8	2.0	1.8	1.8	1.9	2.0	1.8	1.7
700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
≥800	1.3	1.3		1.5		1.3			1.4	1.4

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.3	2.0								1.6
300	1.6	2.2	2.0	1.8	2.0	2.0	1.8	1.8	1.3	2.1
500	1.4	1.9	1.8	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7
700	1.2	1.6	1.6	1.3	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.4
≥800	1.5	1.8		1.3		1.1			1.3	1.3

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	4	3							
300	189	1562	664	138	151	50	57	29	37
500	388	914	642	432	241	141	90	84	232
700	118	122	139	72	61	64	39	55	310
≥800	4	10		14		7			21

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
Vs≥800	

Toscana appenninica (substrato geologico ≤ 30 m)



Valore di ag (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200		1.3	2.1	2.2	2.2	2.0	1.9	1.8	1.5	1.8
300		1.3	1.9	2.1	1.9	1.8	1.8	1.7	1.5	1.9
500		1.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6
700		1.3			1.3	1.5	1.6	1.6	1.4	1.5
≥800									1.3	1.3

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200		2.3	1.9	1.7	1.4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
300		2.3	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.6
500		2.2	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
700		2.3			1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
≥800									1.0	1.0

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200		27	37	22	27	20	25	24	126
300		67	597	654	285	212	109	103	465
500		6	12	173	394	250	161	143	856
700		7			2	40	43	10	164
≥800									35

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

Amiata (substrato geologico > 30 m)



0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200		1.3	1.7							1.6
300		1.5	1.6	2.1	2.6	2.4	2.2	2.1	2.4	1.9
500		1.3	1.6	2.0	2.1	2.0	1.9	2.4	2.2	2.0
700				2.1	1.8	1.7	1.6			1.9
≥800										1.8

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200		1.5	2.6							2.5
300		1.8	2.5	2.2	2.0	2.5	2.8	2.3	1.9	2.3
500		1.5	2.3	1.8	1.5	1.4	1.2	1.9	1.9	1.7
700				1.7	1.4	1.2	1.2			1.2
≥800										1.4

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200		7	14						
300		267	883	551	133	28	24	34	10
500		131	132	370	294	95	15	15	14
700				7	42	21	7		
≥800									

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

Amiata (substrato geologico ≤ 30 m)



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.0	1.4	2.0							1.8
300		1.5	2.1	2.3	2.0	2.0	1.9	1.7	1.9	2.0
500				1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.6	1.8
700					1.6	1.6	1.5	1.6	1.4	1.5
≥800										

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.5	2.2							2.2
300		2.5	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.5
500				1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2
700					1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
≥800										

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	1	16	11						
300		31	289	360	403	315	225	190	189
500				153	283	320	180	164	482
700					1	54	48	10	62
≥800									

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

Toscana interna (substrato geologico > 30 m)



Valore di ag (TR=475 anni) ≥ 0.125g

0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.0	1.3	2.0							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.2	2.3							2.1
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
≥800	1.1	1.2	1.2					1.0	1.0	1.1

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	118	63	1						
300	1436	1358	498	159	57	7	9	19	90
500	1077	654	528	309	146	139	55	49	347
700	278	145	75	43	28	20	11	21	142
≥800	78	61	15					1	13

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

Toscana interna (substrato geologico > 30 m)

Valore di a_g (TR=475 anni) < 0.125g



0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.4	1.3							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥800	1.0	1.0	1.0						1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.3	2.4							2.2
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.4	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.2	1.1	1.4	1.2	1.2	1.3	1.2
≥800	1.1	1.2	1.2						1.0	1.1

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	105	74	3						
300	1338	1325	560	196	70	10	9	20	105
500	1057	606	506	314	163	149	66	48	395
700	268	148	69	47	29	18	9	20	155
≥800	77	63	14						14

Classi	
frequenza (Hz)	f0 < 1
	1.5 1 ≤ f0 < 2
	2.5 2 ≤ f0 < 3
	3.5 3 ≤ f0 < 4
	4.5 4 ≤ f0 < 5
	5.5 5 ≤ f0 < 6
	6.5 6 ≤ f0 < 7
7.5 7 ≤ f0 < 8	
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs < 200
	300 200 ≤ Vs < 400
	500 400 ≤ Vs < 600
	700 600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800

Toscana interna (substrato geologico ≤ 30 m)

Valore di a_g (TR=475 anni) ≥ 0.125g



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.5	2.1	1.7	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	2.2
300	1.3	2.2	1.9	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.6
500			1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
700					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
≥800										

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	10	157	80	34	25	17	13	4	80
300	5	154	470	392	259	203	134	98	560
500			16	55	94	97	94	49	785
700					31	53	61	55	283
≥800									

Classi	
frequenza (Hz)	f0 < 1
	1.5 1 ≤ f0 < 2
	2.5 2 ≤ f0 < 3
	3.5 3 ≤ f0 < 4
	4.5 4 ≤ f0 < 5
	5.5 5 ≤ f0 < 6
	6.5 6 ≤ f0 < 7
7.5 7 ≤ f0 < 8	
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs < 200
	300 200 ≤ Vs < 400
	500 400 ≤ Vs < 600
	700 600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800

Toscana interna (substrato geologico ≤ 30 m)



Valore di ag (TR=475 anni) < 0.125g

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.1	2.1	1.5	1.8
300	0.6	1.3	1.8	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.6	1.9
500			1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.9	2.6	2.0	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	2.3
300	1.3	2.3	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.5
500			1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
700					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
≥800										

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	4	153	84	39	22	17	17	2	82
300	1	115	450	405	272	213	120	103	596
500			9	51	93	102	84	48	803
700					26	53	62	55	287
≥800									

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

Toscana costiera



0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.3	1.4	2.1							1.4
300	1.2	1.4	1.7	1.7	1.8	1.5	1.5	1.1	1.7	1.4
500	1.0	1.2	1.3	1.5	1.5	1.4	1.2	1.5	1.3	1.2
700	0.9	1.1	1.3			1.4	0.9	1.2	1.1	1.0
≥800	0.8	0.8								0.8

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.9	2.6	2.9							2.3
300	1.5	1.9	1.9	1.6	1.6	1.6	1.5	1.1	1.9	1.6
500	1.2	1.5	1.4	1.6	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
700	1.1	1.4	1.5			1.5	0.9	1.1	1.1	1.2
≥800	1.0	1.0								1.0

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	578	469	24						
300	3176	1185	738	624	176	144	30	12	26
500	2298	716	70	141	171	250	176	56	154
700	942	244	21			1	7	35	262
≥800	162	6							

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

Area di transizione (substrato geologico > 30 m)



Valore di ag (TR=475 anni) ≥ 0.15g

0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.7	1.0								0.8
300	1.1	1.5	1.8	2.0	2.0	1.8	2.0	1.9	2.0	1.6
500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.3	2.0								1.3
300	1.5	2.3	2.0	1.9	2.1	1.9	1.8	1.8	1.3	2.2
500	1.4	2.0	1.8	1.5	1.6	1.7	1.5	1.5	1.5	1.8
700	1.2	1.7	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
≥800	1.5	2.0		1.3	1.1	1.1			1.3	1.3

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	12	2							
300	608	3298	1181	248	203	62	74	31	49
500	905	1906	1307	859	390	275	160	153	373
700	250	238	275	155	134	108	80	123	597
≥800	12	16		28	2	12			42

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
Vs≥800	

Area di transizione (substrato geologico > 30 m)



Valore di ag (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.0	1.3	2.0							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.2	2.3							2.1
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
≥800	1.1	1.2	1.2					1.0	1.0	1.1

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	118	63	1						
300	1436	1358	498	159	57	7	9	19	90
500	1077	654	528	309	146	139	55	49	347
700	278	145	75	43	28	20	11	21	142
≥800	78	61	15					1	13

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
Vs≥800	

Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)

Valore di ag (TR=475 anni) ≥ 0.15g



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.8	1.3	1.9	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	1.8
300	0.6	1.3	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.9
500		1.0	1.8	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.7
700	0.8	1.1			1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.5
≥800									1.3	1.3

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.4
300	1.5	2.3	1.8	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.6
500		2.2	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2
700	1.6	2.0			1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
≥800									1.0	1.0

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	5	66	66	46	49	49	56	34	245
300	1	224	1347	1218	524	391	214	205	860
500		13	59	385	812	492	293	290	1646
700	1	11			19	75	71	25	330
≥800									70

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
Vs≥800	

Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)

Valore di ag (TR=475 anni) < 0.15g



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.5	2.1	1.7	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	2.2
300	1.3	2.2	1.9	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.6
500			1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
700					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
≥800										

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	10	157	80	34	25	17	13	4	80
300	5	154	470	392	259	203	134	98	560
500			16	55	94	97	94	49	785
700					31	53	61	55	283
≥800									

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
velocità (m/s)	≥ 8
	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
Vs≥800	

APPENDICE 6

CHECK LIST PER L'IDENTIFICAZIONE DI FAGLIE ATTIVE E CAPACI NEGLI STUDI DI MS1

(a cura del professionista che ha condotto gli studi di microzonazione sismica)

Si ricorda che le faglie attive e capaci di interesse per la microzonazione sismica sono esclusivamente quelle il cui tracciato in superficie ricade in aree urbanizzate o urbanizzabili

FAGLIA ATTIVA E CAPACE
ATTIVA E CAPACE

FAGLIA POTENZIALMENTE

FAGLIA NON PRESENTE IN LETTERATURA

- indicare le coordinate geografiche WGS84 dei vertici del segmento di faglia che interseca l'area oggetto di MS

Lat. _____ Long. _____

Lat. _____ Long. _____

FAGLIA PRESENTE IN LETTERATURA

- indicare le coordinate geografiche WGS84 dei vertici del segmento di faglia che interseca l'area oggetto di MS

• Lat. _____ Long. _____

Lat. _____ Long. _____

- Nel caso di faglia non presente in letteratura descrivere le evidenze geologiche che hanno portato all'identificazione e rappresentazione in carta, con particolare riferimento all'età dei depositi o delle forme dislocati.

- Indicare il tipo di indagini effettuate per accertarne la presenza e definirne la geometria (*è possibile indicare anche più tipi di indagini*)

o rilievi aerofotogrammetrico

o rilievi geologico e geomorfologico

o indagini geofisiche

o indagini geognostiche

o altro _____

- Nel caso di faglia attiva e capace presente in letteratura indicare:
 - o riferimenti bibliografici specifici sull'attività post 40,000 anni
 - o scala di rappresentazione
 - o presenza di rilievo geologico/geomorfológico
 - o quali siano, in sintesi, le evidenze geologiche a favore dell'attività della faglia negli ultimi 40,000 anni, specificatamente quali siano i depositi e le forme dislocate ed in che modo siano stati datati.
 - o presenza di studi paleosismologici

- Nel caso di faglia potenzialmente attiva e capace presente in letteratura indicare:
 - o scala di rappresentazione
 - o presenza di rilievo geologico/geomorfológico
 - o quali siano, in sintesi, le evidenze geologiche a favore dell'attività della faglia, specificatamente quali siano i depositi e le forme dislocate

Se lo studio è presente in ITHACA, riportarne gli attributi ivi definiti (Rank, Mapping scale, Last activity, Activity reliability, Study quality) e l'anno del riferimento bibliografico specifico più recente.

Descrivere le verifiche effettuate nell'ambito dello studio di MS1 a conferma della presenza e geometria della faglia attiva e capace o potenzialmente attiva e capace.

Il sottoscritto Dott. Geol.
 dichiara che la faglia ha evidenze sufficienti per essere valutata in uno studio di MS3.

Luogo e data

Firma