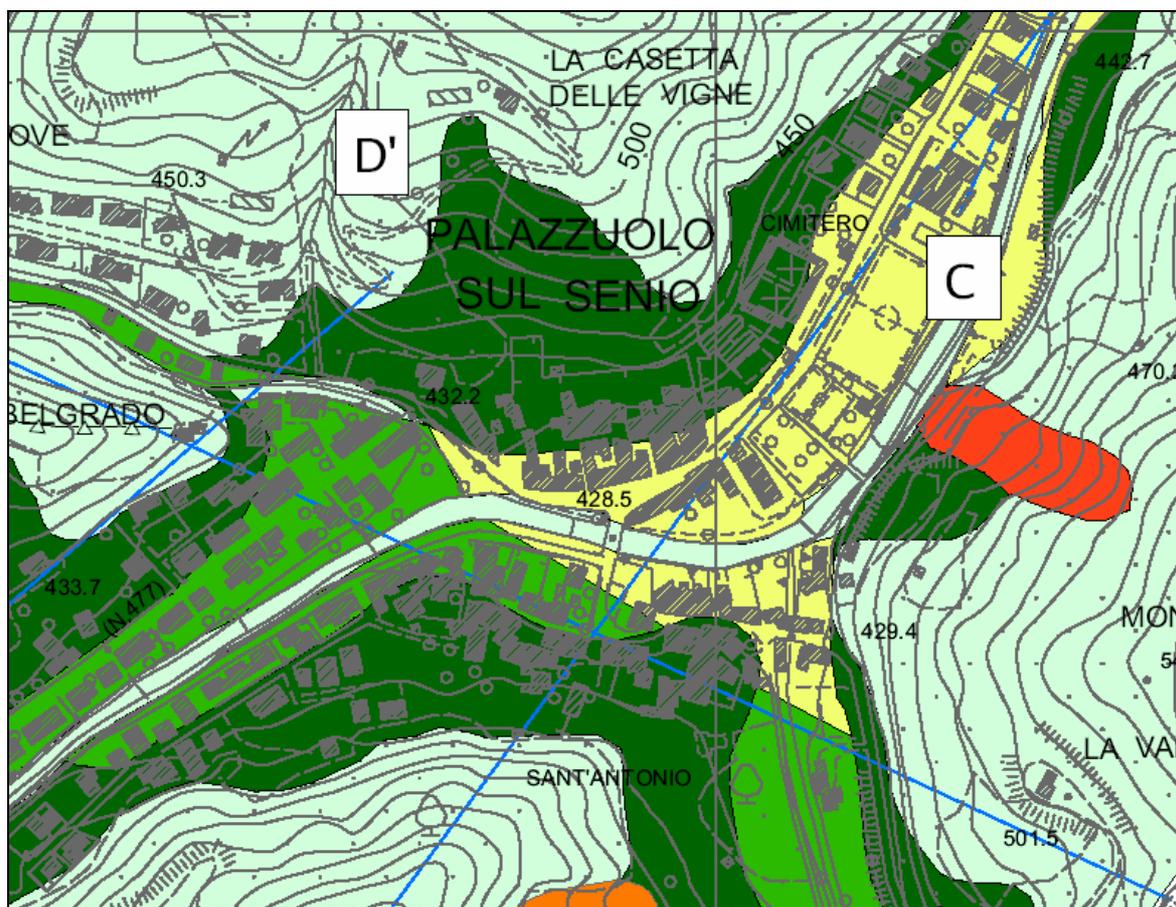




**DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE  
AMBIENTALI, ENERGIA E CAMBIAMENTI CLIMATICI**  
Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta di Firenze, Arezzo, Prato e Pistoia  
**Prevenzione Sismica Regionale**

**MICROZONAZIONE SISMICA REGIONALE**  
**Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione  
di indagini e studi di microzonazione sismica**

(aggiornamento 23/09/2013)



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

**ALLEGATO A**

Il presente allegato si compone di n.37 pagine inclusa la presente ed è comprensivo di n.4 appendici (appendice 1, 2, 3 e 4).

## **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.

## **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 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** – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

**Circolare Esplicativa del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 02/02/2009** alle 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.

**Delibera di G.R.T. n. 431 del 19.06.2006** – 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).

## INDICE

<b>1.0. PREMESSA .....</b>	<b>Pag. 4</b>
<b>2.0 MODALITÀ E CONDIZIONI MINIME PER LA REALIZZAZIONE DEGLI STUDI: LIVELLI DI MCS.....</b>	<b>Pag. 12</b>
<b>3.0 TERRITORI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA.....</b>	<b>Pag.18</b>
<b>4.0 SOGGETTI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA.....</b>	<b>Pag. 20</b>
<b>5.0 MODALITÀ DI RECEPIMENTO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEGLI STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI .....</b>	<b>Pag. 22</b>
<b>6.0 MODALITÀ DI RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI FINALI.....</b>	<b>Pag. 23</b>
<b>7.0 REDAZIONE DELLE ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA NELL'AMBITO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA.....</b>	<b>Pag. 24</b>
<b>8.0 MODALITÀ DI FINANZIAMENTO E TEMPISTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEGLI STUDI .....</b>	<b>Pag. 26</b>
<b>9.0 MODALITÀ DI CONTROLLO E CERTIFICAZIONE DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA.....</b>	<b>Pag. 28</b>
<b><u>APPENDICE 1 – GUIDA PER IL RECUPERO DATI PREGRESSI NELL'AMBITO DELLO STUDIO DI MS DI LIVELLO 1.....</u></b>	<b>Pag. 29</b>
<b><u>APPENDICE 2 – PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA PER STABILIRE LA QUALITÀ DELLA CARTA DI LIVELLO 1.....</u></b>	<b>Pag. 32</b>
<b><u>APPENDICE 3 – LEGENDA TIPO PER L'IMPOSTAZIONE DELLA CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI TERRENI.....</u></b>	<b>Pag. 35</b>
<b><u>APPENDICE 4 – INDICAZIONI SULLE INDAGINI DEL LIVELLO 1 DI MS.....</u></b>	<b>Pag. 36</b>

## 1.0. PREMESSA

Il 28 Febbraio 2013 è stata pubblicata sul n. 50 della Gazzetta Ufficiale l'**Ordinanza CDPC n. 52/13**, che disciplina i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, relativamente all'annualità 2012. Tale Ordinanza fa riferimento alle precedenti **Ordinanza DPC n. 3907/10 e n.4007/2012**, 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 e 2011.

All'interno dell'O.C.D.P.C. n.52 viene stabilito un finanziamento per l'annualità 2012, pari a 195,600 milioni di euro, ripartito tra le Regioni per una serie di attività e interventi di prevenzione sismica, tra cui 16 milioni di euro per studi di microzonazione sismica. Inoltre, tramite il Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dip.to di Protezione civile n. rep 1431 del 15 Aprile 2013, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 160 del 10 Luglio 2013, è stato assegnato alla Regione Toscana, per l'annualità 2012, un finanziamento pari a 658.532,03 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 intenzione 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 Prevenzione 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 e n. 741 del 6 Agosto 2012.

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.52/13, 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 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 migliorie 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. 14/01/2008**, 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 insediativo, 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. 14.09.2008) 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.

#### 1.4 Progetto di Microzonazione Sismica Regionale

Il Settore Prevenzione Sismica (di seguito PSR) 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 81 Comuni classificati a maggior rischio sismico della Toscana (di cui alla Del. G.R.T. 841 del 26.11.2007), 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. 1050 linee sismiche per un totale di 130Km), sondaggi geotecnici e prove geofisiche in foro di tipo down-hole (circa n. 500 sondaggi per un totale di 16km di perforazioni), prove di laboratorio statiche (circa n. 490) e dinamiche (circa n. 220) 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 4.000.000,00 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.

Tutto ciò consentirà alla Regione Toscana di poter realizzare e quindi poter disporre, in tempo breve, per questi Comuni definiti a maggior rischio sismico della Toscana (di cui alla Del. G.R.T. 841 del 26.11.2007), 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 in Mugello (Barberino di M.Ilo, Firenzuola, Scarperia, San Godenzo e Palazzuolo sul Senio), in Casentino (Stia e Pratovecchio) e sta predisponendo cartografie di microzonazione sismica in alcuni Comuni della Garfagnana (Villa Collemandina, Castelnuovo G.na, Sillano), Lunigiana (Fivizzano), Mugello (Vicchio), Valtiberina (Sestino) e Casentino (Poppi).

A seguito dell'evento sismico del 06.04.2009 in Abruzzo, Il PSR 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 PSR 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.

## 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, 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 obbligatorio:

- 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.

### LIVELLO 1

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

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 (2008) 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 paleoalvei, 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 3.0, Luglio 2013). 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 3.0, Luglio 2013). 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 3.0, Luglio 2013).

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.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/indagini\\_terreno/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/indagini_terreno/index.htm). 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 3.0, Luglio 2013).

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 3.0, Luglio 2013).

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;**
- **Inquadramento geologico, geomorfologico** 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);
- 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
- 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 *Albarelo 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 rilevino 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  $2\text{Hz} < f_0 \leq 8\text{Hz}$ ) 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  $A \geq 3$ ) ad aree caratterizzate da un minore contrasto. (indicativamente  $A < 3$ ) Questa carta dovrà essere prodotta sia in formato cartaceo che in formato digitale (è sufficiente il formato .jpg, tif o pdf).

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.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione\\_regionale/specifiche/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione_regionale/specifiche/index.htm)

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

[http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione\\_regionale/risultati/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione_regionale/risultati/index.htm)

## LIVELLO 2

<b>INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <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</li> </ul>
<b>ANALISI ED ELABORAZIONI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Correlazioni e confronto con i risultati del livello 1</u>,</li> <li>• <u>Definizione del modello geologico-tecnico di sottosuolo</u>,</li> <li>• <u>Predisposizione di abachi per i fattori di amplificazione, abachi e formule empiriche per le instabilità di versante e per la liquefazione</u>.</li> </ul>
<b>PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Carta delle indagini</u>, implementata rispetto a quella del livello 1 con le nuove indagini;</li> <li>• <u>Carta di Microzonazione Sismica</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;</li> <li>• <u>Relazione tecnica illustrativa</u> della Carta di Microzonazione Sismica.</li> </ul>

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 3.0, Luglio 2013).

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

## LIVELLO 3

<b>INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Programmazione ed esecuzione di nuove indagini</u>: integrazioni ed approfondimenti delle medesime indagini rispetto al livello 2; analisi dinamiche di laboratorio</li> </ul>
<b>ANALISI ED ELABORAZIONI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Analisi numeriche di risposta sismica locale</u> almeno 1D e/o 2D per amplificazioni sismiche e/o deformazioni permanenti</li> </ul>
<b>PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Carta delle indagini</u>, implementata rispetto a quella del livello 1 e/o 2 con le nuove indagini;</li> <li>• <u>Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;</li> <li>• <u>Relazione tecnica illustrativa</u> della Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti.</li> </ul>

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 3.0, Luglio 2013).

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

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 gli aspetti connessi con le indagini gravimetriche si rimanda alla seguente documentazione: Rilievi gravimetrici per la microzonazione sismica di livello 1 (*M. Di Filippo, M. Di Nezza, G. Scarascia Mugnozza – Dip.to di Scienze della Terra, Università la Sapienza di Roma*).

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*.

Per gli aspetti tecnici riguardanti la valutazione della suscettibilità a **liquefazione** si rimanda alle *“Linee guida per la Gestione del territorio in aree interessate dalla liquefazione”* (DPC, versione 1.0, Luglio 2013). 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 3.0, Luglio 2013).

Per **l'instabilità di versante** si rimanda 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 14.01.2008.

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, Luglio 2013). 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 3.0, Luglio 2013).

Per quanto concerne l'utilizzo **degli abachi per la microzonazione sismica di livello 2**, in attesa che la Regione Toscana predisponga degli abachi regionalizzati secondo i criteri e le procedure definite al par. 2.5 degli ICMS, devono essere utilizzati gli abachi validi a livello nazionale indicati al par. 3.2 e 3.3 degli stessi ICMS.

Relativamente agli **studi di risposta sismica locale** da realizzare nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 3, si dovranno effettuare analisi monodimensionali o bidimensionali 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 14.01.2008.

Per la definizione del moto di input, sono disponibili sul seguente sito web della Regione Toscana:

[http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/input\\_sismici/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/input_sismici/index.htm)

analisi di pericolosità specifiche a livello del singolo Comune.

### 3.0 TERRITORI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

Come previsto dall'art. 5 comma 3) dell'ord. CDPC n. 52/2013, Le Regioni devono individuare con proprio provvedimento i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di microzonazione sismica. Inoltre la medesima ordinanza, in perfetto accordo con i medesimi criteri già riportati nelle precedenti ord. DPC n. 3907/10 e n. 4007/2012, 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 81 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.52/2013, dovranno essere avviati, in modo graduale e progressivo, studi ed indagini di microzonazione sismica mediante finanziamenti adeguati almeno al raggiungimento del livello 1.

Pertanto, 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 e n. 741/12 e sulla base delle indicazioni riportate nell'ord. CDPC n.52/2013, per la selezione dei territori che dovranno essere gradualmente coinvolti negli studi di MS e nelle analisi CLE, si avvia una procedura di evidenza pubblica per la definizione della graduatoria dei Comuni ammissibili del finanziamento per la MS e per le analisi CLE, sulla base dei criteri nazionali definiti nell'Allegato 2 e 7 dell'OCDPC 52/2013, 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.

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, sono esentate dai suddetti studi le aree per le quali le condizioni territoriali o normative non consentano e/o non prevedano trasformazioni insediative o infrastrutturali.

Nello specifico 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. 14.01.2008.

#### 4.0 SOGGETTI COINVOLTI NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

La MS è costituita da una serie 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 Prevenzione Sismica Regionale*): 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 Prevenzione Sismica Regionale; 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, dovrà essere presente un tecnico con esperienza nell'utilizzo di codici di calcolo almeno di tipo bidimensionale. 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 Prevenzione 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 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 **nuovo 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.

## 6.0 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 3.0, Luglio 2013).

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.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione\\_regionale/specifiche/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione_regionale/specifiche/index.htm)

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.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione\\_regionale/risultati/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione_regionale/risultati/index.htm)

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”<sup>1</sup>.

Inoltre, poiché la Regione Toscana dispone al momento di una base cartografica vettoriale (CTR) in scala 1:10.000 (o dove disponibile in scala 1:2.000) georiferita secondo il datum “Roma 40” con proiezione “Gauss Boaga” espresse in metri, si dovrà prevedere una doppia consegna con entrambi i sistemi di riferimento.

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

---

<sup>1</sup> Si specifica che negli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 3.0, Luglio 2013) a pagina 7 è riportato il fuso UTM33N per questioni di omogeneità per tutta Italia, anche se la Toscana rientrerebbe invece nel fuso 32.

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

Nell'ambito della redazione degli studi di MS, i Comuni dovranno necessariamente predisporre le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (di seguito CLE), di cui all'art. 18 dell'OCDPC 52/2013.

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.

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.

Gli elementi considerati sono da identificare innanzitutto nei piani di emergenza. Pertanto, insieme alla concomitanza con gli studi di microzonazione, ne deriva che le analisi della CLE sono riferite al territorio comunale (incluse le frazioni), anche se sarebbe ottimale il loro impiego a livello intercomunale.

Qualora attraverso le analisi della CLE emergessero incongruenze e criticità relative ai piani di emergenza, i rispettivi Enti dovranno provvedere al processo di revisione e adeguamento degli stessi e degli altri strumenti di pianificazione eventualmente interessati dalle modifiche.

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 /saranno 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;
- 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, i fac-simile delle Schede con indicazioni di massima per la loro compilazione;
- il software "Soft\_CLE" per l'archiviazione informatica delle Schede e la generazione del Database.

Tutta la documentazione tecnica, i manuali e gli strumenti per l'archiviazione informatica sono disponibili al seguente link:

<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/05emergenza/pianificare/cle/index.htm>

Inoltre per la digitalizzazione delle cartografie è necessario utilizzare i "tool" esemplificativi al seguente link:

[http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione\\_regionale/specifiche/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione_regionale/specifiche/index.htm)

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

Oltre alla documentazione tecnica da realizzare secondo gli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica", è previsto, per la trasmissione del prodotto finale al competente ufficio della Regione Toscana, l'invio di una copia cartacea della cartografia e la generazione dei file pdf relativi alle Schede degli elementi.

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”<sup>2</sup>.

Inoltre, poiché la Regione Toscana dispone al momento di una base cartografica vettoriale (CTR) in scala 1:10.000 (o dove disponibile in scala 1:2.000) georiferita secondo il datum “Roma 40” con proiezione “Gauss Boaga” espresse in metri, si dovrà prevedere una doppia consegna con entrambi i sistemi di riferimento.

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

---

<sup>2</sup> Si specifica che negli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 3.0, Luglio 2013)” a pagina 7 è riportato il fuso UTM33N per questioni di omogeneità per tutta Italia, anche se la Toscana rientrerebbe invece nel fuso 32.

## 8.0 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.52/2013 sono stati stanziati, per l'annualità 2012, 16 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 2012, un finanziamento di 658.532,03 euro per gli studi di MS e per le analisi CLE.

La Regione intende giungere, in un periodo relativamente breve, alla conoscenza diffusa sull'intero territorio regionale, delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica attraverso una microzonazione sismica almeno di livello 1.

Pertanto, tutta la somma totale disponibile per l'annualità 2012, in analogia con quanto già stabilito per le precedenti annualità 2010 e 2011, è destinata per studi di microzonazione sismica almeno di livello 1 e per le analisi CLE.

Al momento, vista le disponibilità economiche regionali e nazionali in relazione alle necessità reali non sono previsti contributi economici specifici per la relazione del livello 3. Inoltre, poiché non sono ancora disponibili abachi regionalizzati, non è previsto alcun contributo per la realizzazione di studi di microzonazione di livello 2.

Tale finanziamento nazionale, pari a euro 658.532,03 sarà in generale destinato ai Comuni beneficiari, individuati mediante una procedura di evidenza pubblica demandata ad un successivo decreto dirigenziale. Tali Comuni dovranno necessariamente (ad eccezione di alcuni casi di seguito specificati) 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 ai sensi di quanto previsto dall'art.18 dell'CDPC n.52/2013 e secondo quanto stabilito al precedente par.7.0.

La ripartizione dei contributi nazionali per lo svolgimento di tali studi di MS e delle analisi CLE viene definita in base alla popolazione residente (alla data di pubblicazione in GU dell'ord. CDPC n.52/2013) sul territorio comunale interessato, secondo gli importi riportati in tabella:

POPOLAZIONE	CONTRIBUTO Nazionale (75%)	CONTRIBUTO Comunale (25%)
Ab. $\leq$ 2.500	11.250,00 €	3.750,00 €
2.500 < ab. $\leq$ 5.000	14.250,00 €	4.750,00 €
5.000 < ab. $\leq$ 10.000	17.250,00 €	5.750,00 €
10.000 < ab. $\leq$ 25.000	20.250,00 €	6.750,00 €
25.000 < ab. $\leq$ 50.000	24.750,00 €	8.250,00 €
50.000 < ab. $\leq$ 100.000	27.750,00 €	9.250,00 €
ab > 100.000	32.250,00 €	10.750,00 €

Inoltre, l'importo totale previsto dal fondo (**658.532,03 euro**) per la realizzazione degli studi di MS e delle analisi CLE, sarà ripartito nel seguente modo, prevedendo alcune disposizioni specifiche:

- **150.000,00 euro** per la redazione delle indagini e studi di MS e delle analisi CLE per i Comuni facenti parte dell'Allegato 8 della suddetta ordinanza, al fine di rendere omogenei e coerenti gli studi già esistenti, con gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica", con gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica e al fine di realizzare le analisi CLE. La concessione del contributo secondo quanto previsto all'art.19 dell'ordinanza è possibile anche senza cofinanziamento da parte dell'ente locale e secondo le modalità previste all'art.7 comma 1) e alla successiva Tabella 1.
- **48.000,00 euro** per gli Enti Locali che già dispongono di studi di MS già certificati secondo le modalità di cui all'art.6 dell'ordinanza e che intendono realizzare esclusivamente gli studi CLE. Per tali soggetti è prevista la possibilità di concedere il contributo previsto anche senza cofinanziamento da parte dell'ente locale e secondo le modalità previste al comma 2) e alla successiva Tabella 2;

- **i restanti 460.532,03 euro** per lo svolgimento degli studi di MS e per le analisi CLE secondo le modalità di cui all'art.7 comma 1) e tabella 1, prevedendo quindi un cofinanziamento da parte dell'Ente Locale in misura non inferiore al 25% del costo di tali studi, che potrà essere ulteriormente ridotto fino al 15% secondo le modalità di cui all'art. 21 della suddetta ordinanza (forme di incentivazioni particolari per i comuni che fanno parte di unioni di comuni in cui non siano stati già realizzati studi di MS e analisi CLE). Da questa somma viene inoltre creato un fondo residuo pari a euro 260.532,03 per supportare tutti i Comuni che hanno intenzione di rivedere il proprio strumento urbanistico e che quindi hanno l'obbligo, previsto dal Regolamento 53R/2011 di dover realizzare gli studi di MS.

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 par.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.

## **9.0 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 livello 1, meglio definita in Appendice 2.

Inoltre al fine di garantire uniformità e confrontabilità ai risultati prodotti dagli studi di MS e, allo stesso tempo, fornire ai “Soggetti Realizzatori” un adeguato supporto tecnico-scientifico cui poter fare riferimento, soprattutto in situazioni e valutazioni complesse, la Regione Toscana potrà costituire una “Commissione Regionale Tecnico-Scientifica sulla Microzonazione Sismica” composta da personale tecnico regionale esperto in materia e soggetti esterni alla Regione Toscana appartenente a Istituti Universitari, Centri di ricerca e al mondo professionale.

Gli studi di MS, una volta consegnati dal “Soggetto Realizzatore”, verranno 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 3.0, Luglio 2013).

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)	<a href="http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html">http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html</a>	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	<a href="http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html">http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html</a>	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)	<a href="http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html">http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html</a>	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	<a href="http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html">http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html</a>	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	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-sottosuolo">http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-sottosuolo</a>	Ad oggi raccoglie ed omogeneizza i <b>dati su pozzi e derivazioni per i quali è stato fatto richiesta di concessioni e/o autorizzazioni</b> 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	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-indagini-geotematiche">http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-indagini-geotematiche</a>	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	<a href="http://sira.arpat.toscana.it/sira/index.html">http://sira.arpat.toscana.it/sira/index.html</a>	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	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/corpi-idrici-sotterranei">http://www.lamma.rete.toscana.it/corpi-idrici-sotterranei</a>	contiene la perimetrazione dei corpi idrici sotterranei e la loro ricostruzione geometrica tridimensionale
Banca dati geotermia	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-geotermia">http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-geotermia</a>	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	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-concessioni-acque-minerali-e-termali">http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-concessioni-acque-minerali-e-termali</a> <a href="http://www.acquemineralitermali.toscana.it/">http://www.acquemineralitermali.toscana.it/</a> (in costruzione)	contiene, per le varie concessioni, <b>le caratteristiche anagrafiche e posizionali di pozzi e sorgenti, mettendone in risalto le caratteristiche geologiche</b> tramite l'inserimento delle stratigrafie e degli schemi di tubaggio dei pozzi, ove presenti
Carta geologica regionale	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/continuum-geologico-regionale">http://www.lamma.rete.toscana.it/continuum-geologico-regionale</a>	Il continuum della carta geologica di base alla scala 1:10.000
Banca dati frane e coperture	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-frane">http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-dati-frane</a>	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 LIVELLO 1

La procedura da seguire è la seguente:

- 1) Costruire sull'area<sup>3</sup> 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 corrispondente<sup>4</sup>.
- 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.

---

<sup>3</sup> 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

<sup>4</sup> 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 DEL LIVELLO 1 DI 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**, 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).