



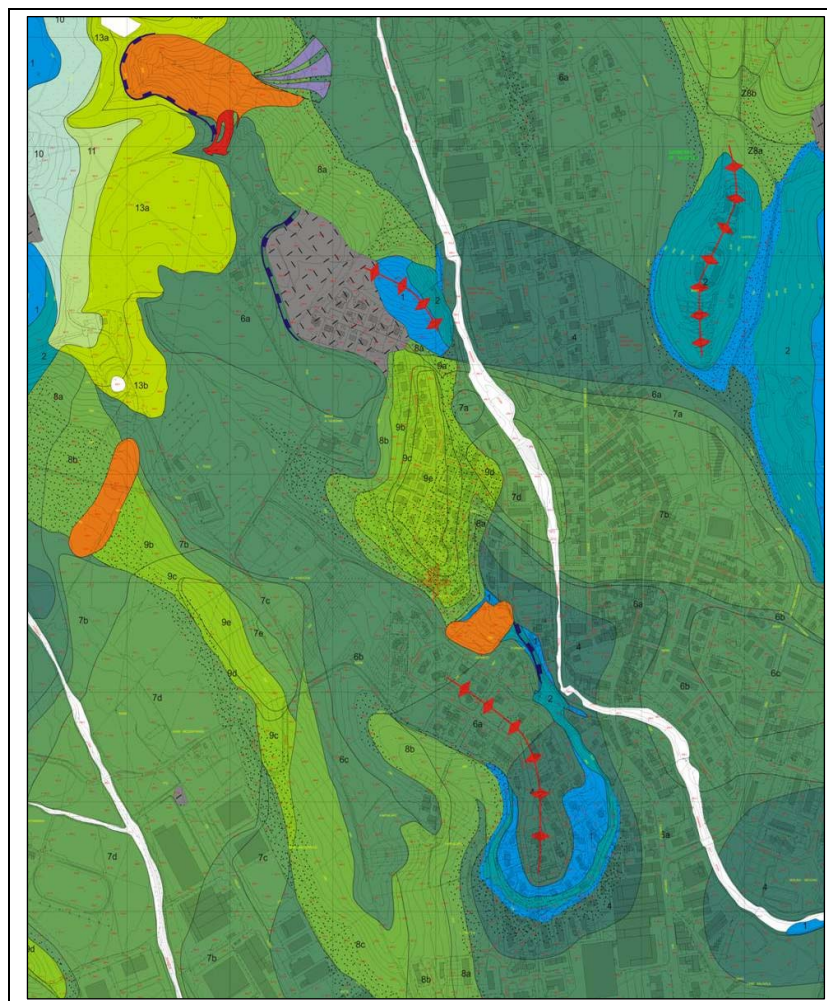
**DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE TERRITORIALI
E AMBIENTALI E POLITICHE
PER LA MOBILITA'**

Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta di Firenze, Prato, Pistoia, Arezzo
Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica

MICROZONAZIONE SISMICA REGIONALE

Vademecum operativo per la redazione delle indagini e studi di MS di livello 1

(Vers.1.0 - aggiornamento 18/06/2012)



*a cura del Geol. Massimo Baglione, Geol. Pierangelo Fabbroni e Geol. Vittorio D'Intinosante
(Regione Toscana – Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica)*

1.0. PREMESSA

Com'è noto, a seguito all'entrata in vigore del **Regolamento Regionale 53R/2011** in merito alle indagini geologico-tecniche di supporto alla redazione degli strumenti urbanistici comunali, la Regione Toscana ha introdotto la necessità di effettuare studi di Microzonazione Sismica (di seguito MS) per i Comuni che intendono provvedere alla revisione dei propri strumenti urbanistici.

Il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi di MS 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 opportunamente integrato dalle **“Specifiche Tecniche Regionali per la Microzonazione Sismica Regionale”** approvate con Deliberazione di Giunta n. 261/2011.

Tali documenti individuano e determinano i criteri, i metodi le specifiche tecniche e le procedure per l'esecuzione delle indagini di MS e per la redazione degli elaborati grafici in funzione dei livelli di approfondimento e delle diverse scale di rappresentazione.

Il presente documento ha l'obiettivo di supportare il professionista nella redazione degli studi di MS di livello 1, fornendo un ausilio sia per la fase di programmazione delle indagini di MS, sia per la selezione dei territori e/o delle aree nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MS, sia per le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase di pianificazione urbanistica che per le modalità di rappresentazione dei risultati finali.

2.0. ELABORATI DA PRODURRE NEL LIVELLO 1 DI MS

Il livello 1 di MS non rappresenta un vero e proprio livello di microzonazione sismica, ma costituisce un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente 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.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono:

1. individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti;
2. definire le tipologie di effetti attesi;
3. individuare il modello geologico di sottosuolo preliminare

Tali approfondimenti consentono la realizzazione dei seguenti elaborati finali:

- 1) **CARTA DELLE INDAGINI**. Tale cartografia 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. La carta delle indagini dovrà essere realizzata sia in forma cartacea che digitale (in formato GIS) utilizzando la simbologia e le specifiche tecniche per l'informatizzazione previste dalla “Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica” del DPC. Le indagini 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 prevista dalla “procedura semiquantitativa” di cui all'Appendice 3 delle Specifiche Tecniche Regionali per la Microzonazione Sismica.
- 2) **CARTA GEOLOGICA-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA**. Si precisa 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 rispetto ai principali 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/lr56/VEL/indagini/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 2.0beta –II, Giugno 2012).

- 3) **CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI.** Tale elaborato, in scala 1:10.000 (preferibilmente in scala 1:5.000), dovrà essere realizzato a partire dalle misure sveditive 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: "*Albarello 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. 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 ad aree caratterizzate da un minore contrasto. Questa carta dovrà essere prodotta sia in formato cartaceo che in formato digitale (è sufficiente il formato jpg, tif o pdf).

Si precisa che tale elaborato ha il duplice scopo di fornire un adeguato strumento per la predisposizione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1, ma anche offrire una indicazione delle profondità di investigazione per i successivi livelli superiori di MS. L'utilizzo della tabella di confronto tra lo spessore di copertura stimato e la frequenza fondamentale del terreno, riportata nel lavoro di *Albarello ed alii, 2010.*, costituisce un valido ausilio. Utilizzando questa 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.

- 4) **CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).** Questa carta, che rappresenta il principale elaborato del livello 1, 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.

Questa carta dovrà essere prodotta, in scala 1:10.000 (preferibilmente in scala 1:5.000), seguendo le indicazioni fornite al par.2.3 degli ICMS, sia in formato cartaceo che in formato vettoriale (tramite tecnologia GIS), nel rispetto degli standard per l'informatizzazione degli studi per la MS redatti dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica riportati sul sito web: <http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/index.htm>. Si richiamano i professionisti a seguire le colorazioni e le sigle riportate negli ICMS; non saranno accettate cartografie con colorazioni e nomenclature differenti.

5) **RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA.** 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

Tutti gli elaborati prodotti (relazioni tecniche e cartografie) dovranno essere prodotti in versione cartacea e digitale (formato .jpg oppure .tif con risoluzione minima 300dpi). 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.

Inoltre, limitatamente alla "carta delle indagini" e alla "cartografia di microzonazione sismica di livello 1 (MOPS)", queste dovranno essere prodotte in formato vettoriale (formato .shp) secondo le specifiche tecniche riportate in Appendice 2 delle specifiche tecniche regionali (Del. G.R.T. n. 261/11) e

successivamente integrate con gli “standard di rappresentazione ed archiviazione informatica” prodotti dalla Commissione Nazionale di monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.

Tale documentazione è possibile reperirla sul sito web: <http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/index.htm> in cui sono riportati anche le simbologie standard per la stesura della carta delle indagini e alcuni tool esemplificativi per l’archiviazione delle cartografie di microzonazione sismica.

3.0 RECUPERO DATI PREGRESSI PER LO 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:
 1. *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;
 2. *Sondaggi profondi:* raccoglie i sondaggi profondi realizzati per la ricerca di idrocarburi, liberalizzati dal Ministero dello Sviluppo Economico;
 3. *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;
 4. *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).
 1. *Banca dati del sottosuolo:* ad oggi raccoglie ed omogeneizza i **dati su pozzi e derivazioni per i quali è stata fatta 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);
 2. *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;

3. *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;
4. *Banca dati corpi idrici sotterranei*: contiene la perimetrazione dei corpi idrici sotterranei e la loro ricostruzione geometrica tridimensionale;
5. *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;
6. *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
7. *Carta geologica regionale*: la carta geologica di base alla scala 1:10.000
8. *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.

4.0 AREE DA SOTTOPORRE AGLI STUDI DI MS DI LIVELLO 1

Si precisa che le aree da sottoporre agli studi di MS di di livello 1 rappresentano porzioni e/o interi territori appartenenti ai centri urbani maggiormente significativi.

Per la selezione di tali zone, si rimanda a quanto già definito nel par. B.7 dell'All.A al regolamento 53R e alla successiva circolare in corso di approvazione, nelle specifiche tecniche regionali di cui alla Del. GRT. 261/2011 e negli ICMS.

Per maggior chiarezza 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:

1. Numero degli abitanti;
2. Edifici pubblici e strategici;
3. Centro storico;
4. Aree industriali;
5. Area urbana in espansione;
6. 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.

5.0 PROCEDURA PER LA STIMA DEL LIVELLO DI QUALITÀ DELLE CARTOGRAFIE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1

Si ricorda che nelle specifiche tecniche regionali per la MS è stata inserita una procedura semiquantitativa per la stima del livello di qualità delle cartografie MOPS. Tale procedura è stata definita a livello nazionale dal Gruppo di Lavoro MS (rapporto interno del DPC – 2011) ed è stata recentemente pubblicata sul Volume di Ingegneria Sismica n. 2/2011.

Tale procedura deve essere utilizzata dal Professionista in fase di predisposizione dello studio di MS 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.

Per supportare il Professionista nell'utilizzo di tale procedura, è stato realizzato un foglio di calcolo (in formato .xls) per l'applicazione della procedura di stima di qualità in modo semplice ed automatizzato.

Tale strumento è disponibile sul sito web: <http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/index.htm>, in cui sono riportati anche alcuni esempi applicativi.

6.0 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 geonostiche 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 >40m) 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).

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

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

