

# Rischio sismico

capitolo 9B





# INDICE

## Introduzione

<i>Messaggio chiave</i> . . . . .	p.	808
<i>Sintesi</i> . . . . .	»	808
<i>Quadro generale</i> . . . . .	»	809

## Indicatori

<i>Pressioni</i> . . . . .	»	814
<i>Stato</i> . . . . .	»	819
<i>Risposte</i> . . . . .	»	838

## Riferimenti

<i>Autori</i> . . . . .	»	845
<i>Bibliografia</i> . . . . .	»	845
<i>Sitografia</i> . . . . .	»	846

## QUADRO SINOTTICO DEGLI INDICATORI

DPSIR	Tema ambientale	Nome indicatore / Indice	Altre aree tematiche interessate	Copertura spaziale	Copertura temporale	Trend	Pag.
PRESSIONI	✓ ✓	Distribuzione territoriale della popolazione		Comune	2001-2011	☹	814
	✓ ✓	Consistenza e condizioni d'uso del patrimonio edilizio esistente		Provincia	2001	☹	817
	✓ ✓	Distribuzione regionale degli stabilimenti a rischio nelle zone sismiche (ex OPCM 3274/2003)		Vedi capitolo Rischio antropogenico (pag. 945)			
STATO	✓	Eventi sismici osservati		Regione	2013	☹	819
	✓ ✓	Fagliazione		Regione e aree limitrofe	2011	☹	823
	✓ ✓	Pericolosità sismica di base (Pb)		Regione	2004	☹	833
	✓	Pericolosità sismica locale (Pl)	Suolo	Regione	2013	☹	836
RISPOSTE	✓	Classificazione sismica		Comune	2003	☹	838
	✓	Microzonazione Sismica (MS)		Comune	2013	☹	840
	✓	Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)		Comune	2013	☹	843

### Tema ambientale:

- ✓ Rischio sismico
- ✓ Pericolosità sismica
- ✓ Vulnerabilità sismica
- ✓ Esposizione



# Introduzione

## Messaggio chiave

- ☹ Il rischio dipende, oltre che dalla pericolosità, soprattutto dalla distribuzione della popolazione, dei centri abitati e dei beni e dalla qualità delle costruzioni. Il rischio sismico può, quindi, essere rilevante anche in zone a bassa sismicità per l'elevata concentrazione di attività produttive, di beni culturali e artistici, di centri abitati e per la presenza di costruzioni a elevata vulnerabilità. L'Emilia-Romagna è, dunque, una regione a elevato rischio sismico.
- ☹ Pur non essendo disponibili stime del rischio sismico a scala di area vasta, strategie per la mitigazione di tale rischio sono realizzabili già nella pianificazione urbanistica e, soprattutto, in fase di progettazione e realizzazione delle costruzioni. Infatti, gli studi di microzonazione sismica del territorio permettono di indirizzare le scelte urbanistiche verso le aree a minore pericolosità; l'applicazione dei criteri antisismici nella progettazione e realizzazione delle costruzioni, previsti dalle norme tecniche, consente di realizzare opere in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche e ai potenziali effetti locali.
- ☹ La previsione dei terremoti non è realizzabile in tempi brevi. Considerata la sismicità regionale, il rischio sismico in Emilia-Romagna può essere significativamente ridotto con azioni di prevenzione. Scelte urbanistiche compatibili con la pericolosità sismica locale e l'applicazione, a tutti i livelli, delle norme tecniche per le costruzioni consentono di realizzare interventi e opere in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche e agli effetti locali.

## Sintesi

Le attuali conoscenze permettono di sapere dove e con che modalità avverrà un terremoto ma non, con la necessaria attendibilità, quando. La previsione dei terremoti non è, quindi, un traguardo conseguibile in tempi brevi.

I rilievi dei danni negli ultimi terremoti hanno evidenziato che il danno da terremoto è determinato soprattutto dalla distribuzione e vulnerabilità del patrimonio edilizio e dalla capacità di reazione alla catastrofe (resilienza).

La riduzione del rischio sismico va, dunque, affrontata dal punto di vista della prevenzione.

Politiche di prevenzione sono facilmente applicabili in caso di nuove realizzazioni; l'applicazione è più complessa per le strutture e i centri urbani esistenti. Uno dei principali ostacoli è la difficoltà di valutare tutte le componenti del rischio sismico, soprattutto le condizioni di vulnerabilità dei centri urbani e delle reti infrastrutturali.

È necessario che nel prossimo futuro gli sforzi si concentrino soprattutto sulla definizione di procedure che permettano una stima della vulnerabilità in maniera rapida e affidabile, allo scopo di giungere a una stima del rischio sismico già a scala di area vasta.

Poiché il rischio dipende oltre che dalla pericolosità, anche dalla concentrazione della popolazione e

dalla distribuzione e qualità degli insediamenti urbani, delle vie di comunicazione e delle reti infrastrutturali, ne consegue che nella pianura emiliano-romagnola, nonostante la pericolosità non particolarmente elevata, il rischio sismico può essere rilevante in quanto, data la presenza di centri abitati antichi e la notevole concentrazione di attività produttive, anche terremoti di modesta entità, ad esempio quelli di Parma del 9 novembre 1983 (Mw = 5,1), di Correggio (RE) del 14 ottobre 1996 (Mw = 5,4), del parmense-reggiano del 23 dicembre 2008 (Mw = 5,2), possono causare danni gravi alle strutture più vulnerabili e l'interruzione delle attività per lunghi periodi, con conseguenze economiche e sociali rilevanti.

Un'area ad elevato rischio sismico è la costa romagnola, più volte interessata da terremoti storici rilevanti, ma con una storia di classificazione sismica piuttosto particolare. A causa della frequente sismicità molti comuni della Romagna sono stati classificati sismici di II categoria, già con la classificazione del territorio nazionale del 1927 (v. DGR 1677/2005). Tuttavia, per "favorire" lo sviluppo economico e urbanistico della costa romagnola, negli anni 30 alcuni comuni della costa, tra cui Rimini, furono declassificati. Solo con la riclassificazione degli anni 80, successiva ai



forti terremoti del Friuli del 1976 e dell'Irpinia del 1980, i comuni del riminese sono stati reinseriti nell'elenco dei comuni sismici di II categoria. Ciò ha comportato che gran parte delle costruzioni realizzate lungo la costa dalla fine degli anni 30 all'inizio degli anni 80 (periodo comprendente la forte espansione urbanistica del dopoguerra) sono state edificate in assenza di criteri antisismici. Da quanto sopra emerge che l'Emilia-Romagna è comunque una regione a elevato rischio sismico. Tuttavia una vera stima del rischio sismico in Emilia-Romagna non è possibile soprattutto perché non esistono stime di vulnerabilità dei centri urbani e delle reti infrastrutturali a scala di area vasta. Una valutazione preliminare delle aree a

maggiore rischio sismico si può ottenere considerando distribuzione e frequenza dei forti terremoti e gli effetti osservati (massime intensità macrosismiche risentite, v. Mantovani et al., 2013). Gli studi di pericolosità sismica e microzonazione sismica del territorio e la loro applicazione fino dalle prime fasi di programmazione territoriale e pianificazione urbanistica sono il primo passo concreto per la riduzione del rischio sismico. Gli elementi di maggiore importanza per la prevenzione del rischio sismico restano, pertanto, la corretta applicazione dei piani urbanistici, delle norme per la progettazione e realizzazione delle costruzioni e delle procedure di autorizzazione sismica.

## Quadro generale

Il terremoto è lo scuotimento della superficie terrestre quasi sempre generato dal brusco rilascio di energia a seguito di una rottura delle rocce del sottosuolo, o di riattivazione di una rottura già esistente, e dell'improvviso scorrimento relativo delle due parti lungo la superficie di rottura.

La superficie di rottura lungo cui si ha scorrimento è definita faglia. Il punto, in cui si realizza tale rottura e da cui ha origine il terremoto, è detto ipocentro.

L'epicentro corrisponde al punto della superficie terrestre situato sulla verticale dell'ipocentro.

L'energia rilasciata dal terremoto si propaga in tutte le direzioni sotto forma di vibrazioni elastiche (onde sismiche), che si manifestano in superficie con una serie di rapidi movimenti o scuotimenti del suolo.

La maggior parte dei terremoti è dovuta ai processi dinamici interni del pianeta; questi terremoti si definiscono di origine tettonica.

Una faglia si forma o si riattiva quando lo stress tettonico supera il limite di rottura delle rocce della litosfera<sup>1</sup>.

Alcuni terremoti, anche se molto raramente, possono essere generati da crolli di grandi dimensioni o da attività antropiche (esplosioni, attività minerarie, prelievi e re-immissioni di fluidi in pressione nel sottosuolo, riempimento e svuotamento rapido di grandi bacini idrici, etc.). In questi casi, i risentimenti sono generalmente minori e l'area interessata ha un'estensione limitata.

Nelle mappe di rischio sismico o di pericolosità sismica sono normalmente considerati solo i terremoti di origine tettonica.

La sismicità (frequenza e forza con cui si manifestano i terremoti) dipende da caratteristiche fisiche del territorio.

Alcune aree dell'Emilia-Romagna sono interessate

da una sismicità frequente e di energia medio-elevata. La configurazione geologica locale, la distribuzione della popolazione e delle attività e in alcuni casi la vulnerabilità dei fabbricati rendono il rischio sismico dell'Emilia-Romagna piuttosto elevato, talora anche in aree a minore sismicità.

### Il Rischio Sismico

Il Rischio Sismico (RS) può essere quantificato dall'entità dei danni e dalle conseguenze attese. Il RS dipende dalla Pericolosità Sismica (PS) (cioè dalla sismicità e dalle condizioni geologiche dell'area), dalla Vulnerabilità (V) (cioè dalla qualità e, quindi, dalla resistenza delle costruzioni), dall'Esposizione (E) (cioè dalla distribuzione, tipo ed età della popolazione e dalla natura, quantità e distribuzione dei centri abitati e dei beni) e dalla Resilienza (R) (cioè capacità di reazione della comunità all'evento in termini di ripresa delle attività economiche e sociali).

A seguito dell'Ordinanza del Presidente Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274/2003, che riporta la nuova classificazione sismica del territorio, recepita dalla Regione Emilia-Romagna in prima applicazione con la DGR 1677/2005, tutti i comuni sono classificati sismici in zone a pericolosità sismica decrescente (zona 1: pericolosità elevata; zona 2: pericolosità media; zona 3: pericolosità bassa; zona 4: pericolosità minima). Di conseguenza, tutte le azioni per la riduzione del rischio sismico previste per i comuni classificati sismici, sia in fase di pianificazione territoriale e urbanistica che di progettazione, sono oggi richieste in tutto il territorio. Il grado di approfondimento delle indagini e degli studi dipende dalla pericolosità dell'area e dall'importanza dell'intervento da realizzare.



Le attuali conoscenze permettono di sapere dove e con che modalità avverrà un terremoto ma non, con la necessaria attendibilità, quando. La previsione dei terremoti non è, quindi, un traguardo conseguibile in tempi brevi. Le analisi di pericolosità sismica indicano che l'Emilia-Romagna è soggetta a una sismicità che può essere definita di medio grado. I rilievi dei danni negli ultimi terremoti, sia in Emilia-Romagna che in altre regioni, hanno poi evidenziato che il danno da terremoto è determinato soprattutto dalla vulnerabilità del patrimonio edilizio.

La riduzione del rischio sismico, allo stato attuale delle conoscenze, va dunque affrontata dal punto di vista della prevenzione.

Le azioni previste dalla Regione Emilia-Romagna per la riduzione del rischio sismico si articolano nelle forme proprie dell'attività istituzionale della Regione: le risposte al problema sono, infatti, sia di carattere normativo, attraverso l'emanazione di leggi, regolamenti o atti di indirizzo, sia di carattere sperimentale, attraverso accordi con altri Enti e con istituti di ricerca per la promozione e la realizzazione di studi pilota o analisi di casi particolari.

Nota:

<sup>1</sup> La porzione esterna e rigida del pianeta, costituita dalla parte più superficiale del mantello e dalla crosta terrestre, il cui spessore totale supera generalmente i 100 km

## BOX 1 - Definizione del rischio sismico

Il Rischio sismico può essere espresso dalla relazione:

$$RS = PS \times E \times V \times R$$

dove

– PS è la pericolosità sismica dell'area, definita dalla sismicità e dalle condizioni geologiche locali;

– E è l'esposizione, data dalla distribuzione e importanza dei centri urbani, delle infrastrutture e della popolazione sul territorio;

– V è la vulnerabilità delle costruzioni, cioè la qualità o capacità degli edifici e delle infrastrutture di resistere alle sollecitazioni sismiche;

– R è la resilienza, cioè la capacità della comunità di reagire all'evento in termini di ripresa delle attività economiche e sociali.

L'esposizione, la vulnerabilità e la resilienza sono strettamente correlate alle scelte e alle azioni dei cittadini e delle amministrazioni, mentre la pericolosità sismica dipende, invece, dalle caratteristiche fisiche del territorio.

La pericolosità sismica, a sua volta, è costituita da due componenti:

1) la sismicità dell'area, cioè la frequenza ed energia dei terremoti che possono verificarsi e la distanza dalle sorgenti sismogenetiche; dipende, quindi, dalle caratteristiche sismotettoniche, vale a dire dalle condizioni geologico-strutturali profonde, dalle dinamiche della crosta terrestre e del mantello superiore; questa componente è definita anche come *pericolosità sismica di base* (Pb);

2) le condizioni geologiche e morfologiche locali, che possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie, aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione), e contribuire al verificarsi di fenomeni che modificano in maniera permanente il territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione etc.; le condizioni geologiche e morfologiche capaci di produrre tali effetti costituiscono la *pericolosità sismica locale* (Pl); tali modificazioni del moto sismico e del paesaggio, dovute alle condizioni geologiche e morfologiche, sono denominate "effetti locali".

Attualmente esistono procedure speditive condivise per la valutazione della Pericolosità sismica e dell'Esposizione; purtroppo, ancora non esistono procedure speditive condivise per la valutazione della Vulnerabilità e difficile è anche valutare la capacità di reazione delle comunità colpite dagli eventi sismici per la ripresa delle attività (Resilienza). Quest'ultima componente del rischio può essere migliorata attuando quanto prima le necessarie e opportune misure di prevenzione: microzonazione sismica e sua attuazione nelle scelte urbanistiche, progettazione con criteri antisismici, interventi di miglioramento sismico almeno degli edifici strategici, analisi delle condizioni limite per l'emergenza ed eventuale aggiornamento dei piani di emergenza.

Allo stato attuale, una stima di V ritenuta attendibile richiede osservazioni approfondite e dettagliate; di conseguenza non è possibile una stima di V a scala vasta (regionale, provinciale o intercomunale) e in tempi brevi. Valutazioni di V secondo i criteri attuali sono possibili solo a scala di

(segue) ➡



centro abitato, di aggregato o di singola costruzione e, in genere, richiedono osservazioni e analisi approfondite. Ciò rende impossibile una valutazione completa di RS a scala di area vasta. La valutazione di tutte le componenti di RS permetterebbe di programmare interventi di mitigazione, anche in termini di riqualificazione delle aree e messa in sicurezza delle costruzioni esistenti, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica (piani territoriali provinciali, piani strutturali comunali) e consentirebbe anche la realizzazione di scenari di danno più attendibili per la pianificazione delle attività finalizzate al superamento delle fasi di emergenza. Attualmente, a scala territoriale, è possibile una valutazione di RS basata solo sulla stima di PS e sulla valutazione di E.

### **Norme e regolamenti**

Dal punto di vista normativo la Regione, con la legge sul governo del territorio, LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", la recente LR 6/2009 "Governo e riqualificazione solidale del territorio" e la LR 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico", ha riconosciuto alla pianificazione territoriale e urbanistica il ruolo fondamentale di concorrere alla riduzione e prevenzione del rischio sismico, fissando soglie di criticità, limiti e condizioni per la realizzazione degli interventi di trasformazione.

L'entrata in vigore della LR 6/2009 ha ulteriormente rafforzato il concetto della prevenzione del rischio sismico, da un lato dando maggiore incisività alla LR 19/2008, dall'altro prevedendo misure premiali per incentivare l'adeguamento del patrimonio edilizio esistente alle Norme tecniche per le costruzioni 2008 (art. 53, c. 5 lett. b).

Sempre a livello di regolamentazione vanno ricordati i due atti di indirizzo: DGR 1677/2005 e "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (Delibera Assemblea legislativa n. 112/2007), che forniscono indicazioni sui contenuti e le modalità di approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica e, in particolare, sui criteri per l'individuazione delle aree soggette a effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio, al fine di orientare la pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Le procedure per la definizione della pericolosità sismica locale, utilizzate per gli strumenti di pianificazione, possono, inoltre, essere applicate anche nella pianificazione delle attività di protezione civile per la prevenzione e il superamento delle emergenze; in particolare, le conoscenze di pericolosità sismica locale possono essere utilizzate per una più accurata definizione di scenari di rischio, che tengano conto anche delle condizioni locali di pericolosità, e per una più dettagliata valutazione della vulnerabilità, ed eventuale messa in sicurezza, di strutture ed edifici ritenuti strategici per la gestione e il superamento delle emergenze.

La Regione ha un ruolo molto importante anche nell'applicazione delle normative sopra menzionate, in quanto affianca le Province e i Comuni nella sperimentazione delle analisi di pericolosità e microzonazione sismica.

Nel 2011, il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, in Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77, ha stabilito un programma settennale di finanziamenti per studi di riduzione del rischio sismico che prevedono anche la possibilità di realizzare studi di microzonazione sismica. L'attuazione avviene attraverso l'emanazione di Ordinanze nazionali e successive delibere regionali di assegnazione dei contributi agli enti locali:

- con deliberazione di Giunta regionale n. 1051/2011 la Regione ha assegnato risorse pari a euro 220.003,08 per studi di microzonazione sismica provenienti dall'Ordinanza del Presidente Consiglio dei Ministri n. 3907/2010, le risorse sono state assegnate a 40 comuni per la predisposizione di studi di microzonazione sismica;
- con deliberazione di Giunta regionale n. 1302/2012 la Regione ha assegnato risorse pari a euro 585.801,00 per studi di microzonazione sismica provenienti dall'Ordinanza del Presidente Consiglio dei Ministri n. 4007/2012, le risorse sono state assegnate a 78 comuni per la predisposizione di studi di microzonazione sismica di primo livello corredate in alcuni casi da Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza;
- con deliberazione di Giunta regionale n. 1919/2013 la Regione ha assegnato risorse pari a euro 969.575,98 per studi di microzonazione sismica provenienti dall'Ordinanza Capo del Dipartimento di Protezione Civile n. 52/2013, le risorse sono state assegnate a 91 comuni per la predisposizione di studi di microzonazione sismica corredate da Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.

(segue) ➡



Inoltre a seguito degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, il Presidente della Regione Emilia-Romagna in qualità di Commissario Delegato ha impegnato risorse, attraverso specifiche Ordinanze, per la realizzazione di studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite dell'emergenza nell'area del cratere, in particolare:

- con Ordinanza Commissariale n. 70 del 13 novembre 2012, sono state erogate risorse pari a euro 380.000,00 al fine di realizzare studi di microzonazione sismica e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza nei centri abitati e nelle aree di potenziale ricostruzione ed espansione dei Comuni in cui sono stati osservati effetti di intensità macrosismica  $\geq 6$  ;
- con Ordinanza Commissariale n. 84 del 17 luglio 2013, sono state erogate risorse pari a euro 106.500,00 per la realizzazione di studi di microzonazione sismica e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza nei centri abitati e nelle aree di potenziale ricostruzione ed espansione dei Comuni del cratere caratterizzati da una  $a_g < 0,125g$ , nonché risorse pari a 120.000,00 per il completamento con lo stesso grado di approfondimento degli studi di microzonazione sismica di cui alla precedente ordinanza n. 70.

Per quanto riguarda la riduzione del rischio sismico negli edifici, è bene ricordare che la Legge regionale 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico", entrata pienamente in vigore dal 1 giugno 2010, si è posta l'obiettivo di rafforzare la tutela dell'incolumità pubblica, provvedendo al completo riordino delle funzioni regionali e locali attinenti alla materia sismica e dettando un nuovo regime di controlli sulle pratiche sismiche.

Ai fini della sua attuazione, la legge regionale ha previsto una serie di atti, di competenza della Giunta regionale, e in particolare:

- l'istituzione di un Comitato Tecnico Scientifico (CTS) composto da esperti in materia sismica (DGR n. 1430/2009 e DGR n. 1776/2013) al fine di supportare la Regione nell'attuazione della legge stessa;
- l'istituzione del Comitato regionale per la riduzione del rischio sismico (DGR n. 1500/2009) allo scopo di realizzare il coordinamento politico istituzionale e una più stretta integrazione tecnico operativa tra i soggetti pubblici e privati;
- l'individuazione delle opere e degli edifici di rilevante interesse pubblico, i cui interventi sono sempre soggetti ad autorizzazione sismica (DGR n. 1661/2009);
- l'individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e la definizione della documentazione necessaria per il rilascio del permesso di costruire o per la denuncia di inizio attività (DGR n. 121/2010);
- l'approvazione della modulistica relativa ai procedimenti in materia sismica (Determinazione dirigenziale n. 2380/2010), al fine di garantire un'applicazione uniforme sul territorio regionale;
- l'individuazione dei contenuti cogenti del progetto esecutivo riguardante le strutture (DGR n. 1071/2010).

Con circolare del 29 luglio 2010 degli Assessori competenti in materia, è stato approvato un vademecum sulle procedure di vigilanza e controllo delle costruzioni, al fine di fornire chiarimenti e indicazioni utili per rendere più agevole e sicura l'applicazione delle norme.

A novembre 2010 la Regione ha avviato un'attività di *monitoraggio della prima attuazione della L.R. n. 19/2008 e degli atti di indirizzo* che ha portato alla riscrittura di alcuni dei suddetti atti di indirizzo e alla elaborazione di nuovi atti di indirizzo, e in particolare:

- l'individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale (DGR n. 687/2011);
- l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi (DGR n. 1373/2011).
- l'individuazione degli interventi di sopraelevazione, ampliamento e delle strutture penetranti, ai fini dell'applicazione del paragrafo 8.4.1 delle NTC-2008 e della LR n. 19 del 2008 (DGR 1879/2011);
- l'approvazione della modulistica unificata regionale relativa ai procedimenti in materia sismica - MUR (DGR 1878/2011);

(segue) ➡



(continua)

Le attività in itinere sono le seguenti:

- le modifiche alla legge regionale;
- la revisione dell'individuazione delle opere e degli edifici di rilevante interesse pubblico, i cui interventi sono sempre soggetti ad autorizzazione sismica (DGR 1661/2009).

Appare chiaro il ruolo importante che riveste la Regione non solo nell'applicazione delle normative, ma anche di supporto alle amministrazioni pubbliche e agli operatori del settore.

<sup>1</sup> Comuni in cui sono stati osservati effetti di intensità macrosismica  $\geq 6$ : Reggiolo, Camposanto, Cavezzo, Concordia s/S, Finale Emilia, Medolla, Mirandola, Novi di Modena, S. Felice s/P, S. Possidonio, Crevalcore, Bondeno, Cento, Mirabello, Poggio Renatico, Sant'Agostino, Vigarano Mainarda

<sup>2</sup> Comuni appartenenti al cratere e caratterizzati da una  $a_g < 0,125g$ : Castelvetro Piacentino, Boretto, Brescello, Gualtieri, Guastalla, Luzzara

## BOX 2 - La misurazione dell'intensità dei terremoti

La misura di un terremoto è espressa di solito da due parametri: la magnitudo e l'intensità. L'intensità (I) è la stima degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente nell'area colpita dal sisma. In Italia gli effetti dei terremoti sono solitamente espressi secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg ( $I_{MCS}$ ), che misura 12 gradi. L'intensità dipende da diversi fattori, tra i quali la tipologia e la qualità delle costruzioni.

La magnitudo è una stima dell'energia sprigionata dal terremoto nel punto di origine (ipocentro). Esistono diversi tipi di magnitudo; la scelta del tipo di magnitudo dipende dalle caratteristiche del terremoto. In Italia, per i terremoti che interessano il territorio nazionale, sono di solito utilizzate la magnitudo locale ( $M_L$ ), o magnitudo Richter, e la magnitudo momento ( $M_w$ ). La  $M_L$  stima l'energia del terremoto attraverso la misurazione dell'ampiezza della registrazione del moto sul sismogramma; la  $M_w$  è derivata dal parametro "momento sismico", che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e resistenza delle rocce. La magnitudo momento, essendo direttamente legata alle dimensioni e alla dislocazione della sorgente sismica, è sicuramente la migliore stima della reale grandezza di un terremoto; la magnitudo locale è, tuttavia, ancora in uso grazie alla rapidità con la quale viene calcolata e nelle emergenze sismiche è quindi il primo parametro indicativo dell'energia del terremoto che viene fornito alle strutture operative di protezione civile per la valutazione e l'organizzazione dei soccorsi.

Poiché le scale di magnitudo sono logaritmiche, un incremento di un punto corrisponde a un aumento dell'ampiezza di 10 volte. L'energia rilasciata da un terremoto, a cui è strettamente correlato il suo potere distruttivo, è proporzionale all'ampiezza di oscillazione elevata a  $3/2$ . A partire da questa relazione è possibile ricavare che un aumento di 1 grado in magnitudo equivale a un incremento di energia di circa 30 volte. Non esiste un limite superiore alle scale di magnitudo.

La magnitudo massima finora registrata è stata  $M_L = 9,5$  nel terremoto che ha colpito il Cile nel 1960.





## Distribuzione territoriale della popolazione

### Descrizione

L'indicatore quantifica la popolazione del territorio regionale.

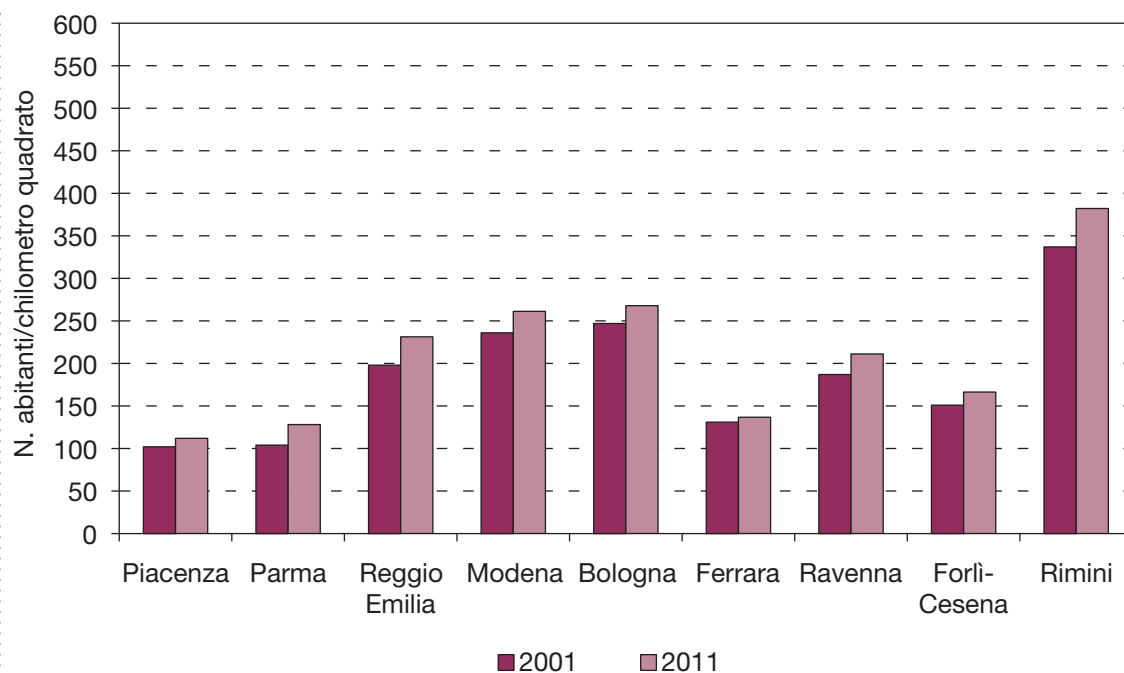
### Scopo

L'indicatore fornisce un quadro della distribuzione della popolazione per sezione di censimento nel territorio regionale. Tale distribuzione, rapportata alla differente pericolosità sismica, fornisce la misura dell'esposizione della popolazione e concorre, pertanto, alla misura del rischio.

### Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	<i>Distribuzione territoriale della popolazione</i>	<b>DPSIR</b>	<i>P/D</i>
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	<i>N. abitanti/ chilometro quadrato</i>	<b>FONTE</b>	<i>Istat</i>
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	<i>Comune</i>	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	<i>2001-2011</i>
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>		<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			





Fonte: Elaborazioni Regione Emilia-Romagna su dati Istat

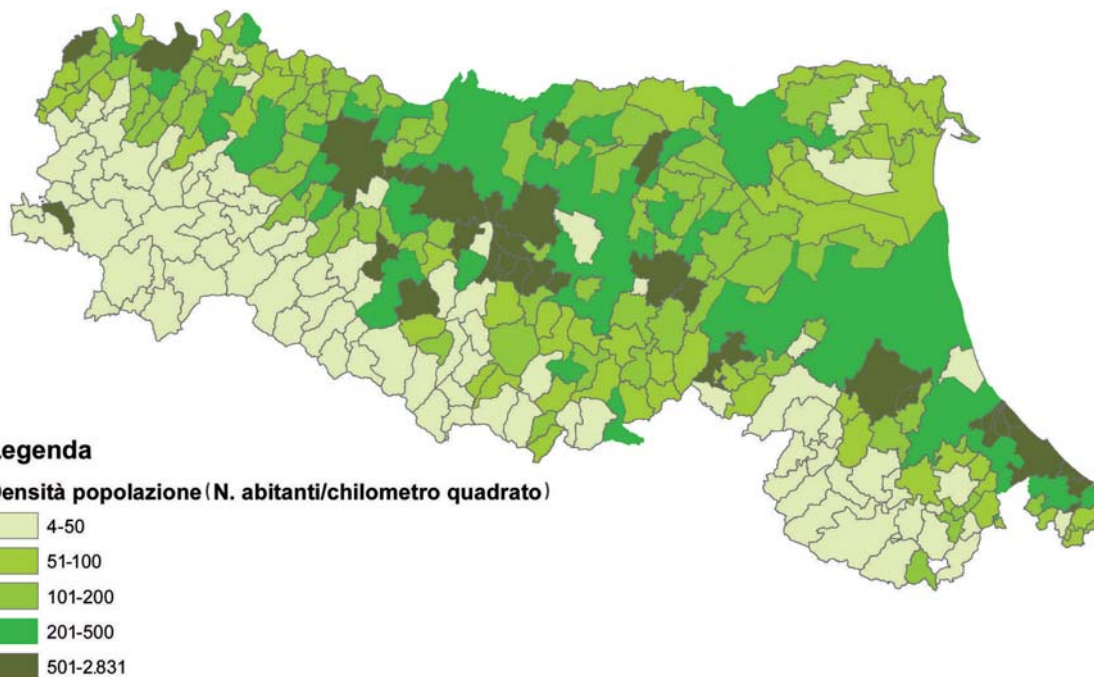
**Figura 9B.1: Densità di popolazione ripartita per provincia (trend 2001-2011)**

**Tabella 9B.1: Distribuzione della popolazione per provincia (trend 2001-2011)**

Provincia	Popolazione 2001	N. abitanti/km <sup>2</sup>	Popolazione 2011	N. abitanti/km <sup>2</sup>
<b>Piacenza</b>	263.872	102	289.887	112
<b>Parma</b>	392.976	104	442.070	128
<b>Reggio Emilia</b>	453.892	198	530.388	231
<b>Modena</b>	633.993	236	700.914	261
<b>Bologna</b>	915.225	247	991.998	268
<b>Ferrara</b>	344.323	131	359.994	137
<b>Ravenna</b>	347.847	187	392.458	211
<b>Forlì-Cesena</b>	358.542	151	395.486	166
<b>Rimini</b>	290.033	337	329.244	382
<b>Regione</b>	<b>4.000.703</b>	<b>178</b>	<b>4.432.439</b>	<b>197</b>

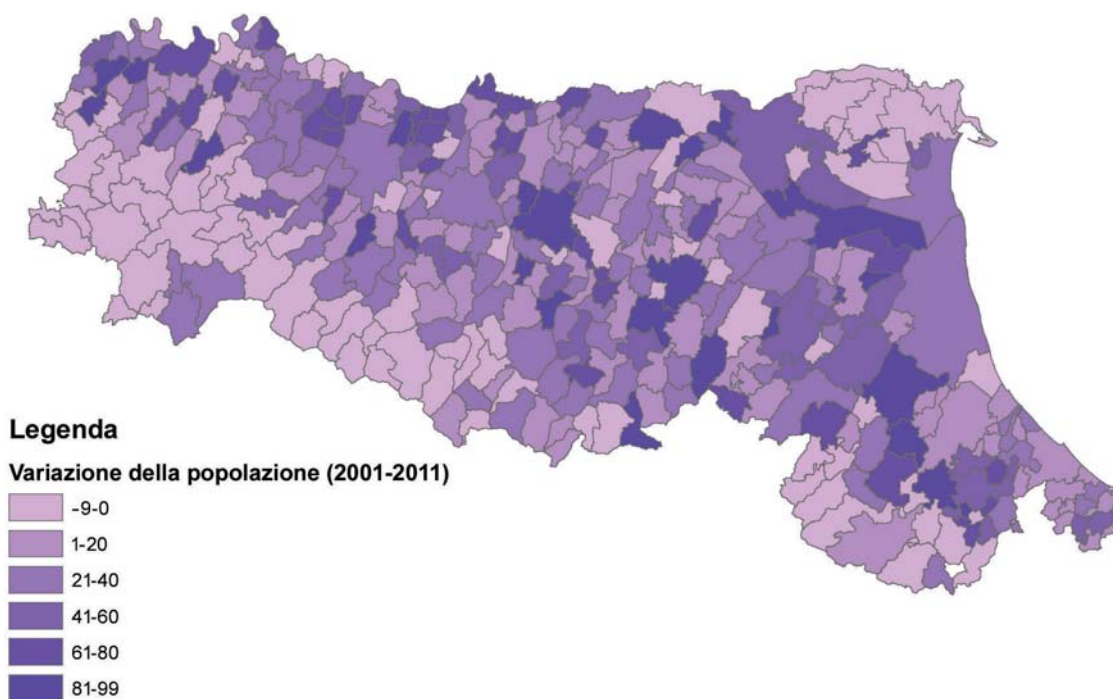
Fonte: Elaborazioni Regione Emilia-Romagna su dati Istat





Fonte: Elaborazioni Regione Emilia-Romagna su dati Istat

**Figura 9B.2: Densità di popolazione (N. abitanti/chilometro quadrato) ripartita per comune al 2011**



Fonte: Elaborazioni Regione Emilia-Romagna su dati Istat

**Figura 9B.3: Variazione percentuale della popolazione residente ripartita per comune (2001-2011)**

### Commento

La fascia territoriale a maggior densità demografica è : vincia di Rimini, di quasi due volte superiore al valore rappresentata dalla media pianura, mentre nell'area : medio regionale, dovuta alla ridotta estensione territoriale della provincia, mentre le province di Piacenza e montana si conferma la tendenza all'abbandono del : riale della provincia, mentre le province di Piacenza e territorio. Spicca l'alta densità di popolazione della pro- : Parma sono quelle a minore densità di popolazione.





# Consistenza e condizioni d'uso del patrimonio edilizio esistente

## Descrizione

L'indicatore consente di conoscere, in termini di età e tipologia strutturale (muratura, cemento armato, strutture particolari etc.), lo stato di fatto del tessuto insediativo esistente.

## Scopo

L'analisi del patrimonio edilizio esistente, condotta sulla base di questi parametri, fornisce una prima misura del suo stato di salute; in tal modo è possibile differenziare gli interventi ammessi sullo stesso.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Consistenza e condizioni d'uso del patrimonio edilizio esistente	<b>DPSIR</b>	P
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	N. edifici	<b>FONTE</b>	Istat
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Provincia	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2001
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>		<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			



**Tabella 9B.2: Numero di edifici per provincia e per epoca di costruzione**

Provincia	Non indicato	Prima del 1919	Tra il 1919 e il 1945	Tra il 1946 e il 1961	Tra il 1962 e il 1971	Tra il 1972 e il 1981	Tra il 1982 e il 1991	Dopo il 1991
Piacenza	8.593	15.307	10.587	10.283	11.215	10.067	5.525	4.355
Parma	9.241	21.059	12.760	12.457	13.237	12.419	6.625	5.124
Reggio Emilia	11.543	15.786	10.121	12.481	16.984	16.112	8.064	8.285
Modena	11.394	19.531	12.350	16.529	22.121	20.014	8.849	7.302
Bologna	12.104	21.279	15.997	20.298	18.294	17.585	9.911	9.624
Ferrara	7.348	11.591	9.180	17.935	14.029	11.511	6.027	4.848
Ravenna	8.597	8.658	9.507	20.367	16.442	12.086	6.276	5.358
Forlì-Cesena	8.980	11.782	8.888	13.709	15.113	12.015	5.568	4.576
Rimini	7.876	4.052	4.725	11.092	13.554	9.788	4.406	3.446

Fonte: Elaborazione Regione Emilia-Romagna su dati Istat

**Tabella 9B.3: Numero di edifici per provincia e tipologia di utilizzo (2001)**

Provincia	Convivenza(*)	Albergo	Ufficio	Commercio, industria	Comunicazioni e trasporti	Scuola	Chiesa	Altro (**)	Non utilizzato	Abitazione	Attività ricreative sportive	Ospedale
Piacenza	63	60	271	2.186	10	192	325	1.532	3.755	67.339	193	6
Parma	95	216	366	3.111	32	269	358	1.034	3.405	83.681	332	23
Reggio Emilia	92	68	418	4.449	31	357	292	1.576	3.863	87.833	382	15
Modena	149	144	457	4.871	26	429	343	1.209	3.226	106.696	521	19
Bologna	291	201	705	4.747	48	621	415	1.368	3.176	112.988	501	31
Ferrara	67	87	466	2.645	27	298	232	932	2.167	75.121	418	9
Ravenna	109	492	485	2.944	28	265	176	1.005	2.517	78.694	564	12
Forlì-Cesena	94	448	438	3.540	19	288	265	976	2.449	71.651	446	17
Rimini	62	2.009	317	2.141	14	216	145	835	1.937	51.063	193	7

Fonte: Elaborazione Regione Emilia-Romagna su dati Istat

Note:

(\*) insieme di persone che, senza essere legate da vincoli di matrimonio, parentela, affinità e simili, conducono vita in comune. I principali tipi di convivenza sono: istituti d'istruzione, istituti assistenziali, istituti di cura pubblici e privati, istituti penitenziari, convivenze ecclesiastiche, convivenze militari e di altri corpi accasernati, alberghi, pensioni, locande e simili, navi mercantili, altre convivenze (ad esempio case dello studente)

(\*\*) alloggio non classificabile come abitazione presso il quale, al momento del censimento, dimorano abitualmente o temporaneamente una o più persone

## Commento

La conoscenza di dati quali l'età e la tipologia strutturale del costruito esistente consente una prima identificazione, sia pure in linea di massima, della vulnerabilità intrinseca dello stesso. Sulla base di analisi di questo tipo, condotte con diversi livelli di approfondimento dei parametri di vulnerabilità strutturale e incrociate con indicatori di esposizione illustrati ai punti precedenti, la Regione Emilia-Romagna ha impostato graduatorie per l'utilizzo di finanziamenti statali finalizzati a verifiche tecniche per la valutazione della sicurezza sismica e interventi di miglioramento o adeguamento antisismico.



## Eventi sismici osservati

### Descrizione

L'indicatore rappresenta gli eventi sismici significativi ai fini del rischio che hanno interessato il territorio regionale.

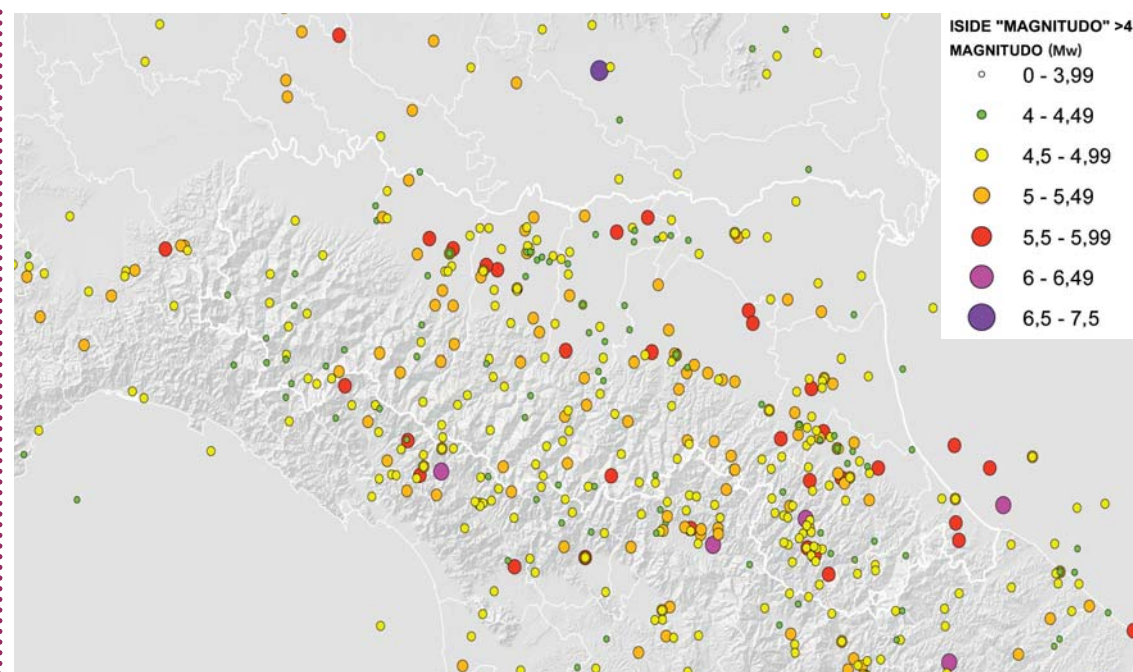
### Scopo

Fornire un quadro conoscitivo per definire la pericolosità sismica del territorio regionale (in termini di magnitudo, tempi di ritorno etc.). Le informazioni relative all'indicatore possono risultare utili per una corretta pianificazione territoriale e per l'analisi della risposta sismica locale.

### Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	<i>Eventi sismici osservati</i>	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	<i>N. eventi</i>	<b>FONTE</b>	<i>Ingv</i>
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	<i>Regione</i>	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	<i>2013</i>
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	<i>Continuo</i>	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	<i>Analisi di dati storici e strumentali (registrazioni a partire dal XX secolo, in particolare dal 1980)</i>		





Fonte: Ingv\*

**Figura 9B.4: Epicentri e relativa magnitudo dei principali terremoti, al di sopra della soglia del danno, verificatisi in Emilia-Romagna e aree limitrofe**

**LEGENDA:** la dimensione del cerchio è proporzionale alla magnitudo; il centro del cerchio è la localizzazione dell'epicentro

Nota:

\*mappa derivata, con modifiche grafiche, da CPTI11 (Rovida et al., 2011), da [www.ingv.it](http://www.ingv.it) e da Mantovani et al. (2013)

**Tabella 9B.4: I principali terremoti, intensità massima risentita  $\geq$  VIII (scala MSC) e/o magnitudo momento  $M_w \geq 5.5$ , che hanno interessato l'Emilia-Romagna; tratto, con modifiche, da DBMI11 (Locati et al., 2011) e da Galli et al. (2012)**

Anno	Mese	Giorno	Zona epicentrale*	Magnitudo ( $M_w$ )	Intensità max in Emilia-Romagna	Intensità epicentrale** (Io)
1117	1	3	Pianura veronese	6.7	8	9
1222	12	25	Basso bresciano	5.8	6	8-9
1279	4	30	Rocca San Casciano (FC)	5.6	7-8	7-8
1428	7	3	Predappio (FC)	5.5	8	8
1438	6	11	Pianura parmense	5.6	8	8
1483	8	11	Romagna meridionale (pianura FC)	5.7	8-9	8
1501	6	5	Margine appenninico modenese	6	9	9
1505	1	3	Margine appenninico bolognese	5.6	8	8
1542	6	13	Mugello	5.9	6	9
1570	11	17	Ferrara	5.5	8	7-8
1584	9	10	Appennino romagnolo (FC)	5.8	9	9
1624	3	19	Argenta (FE)	5.5	8-9	7-8
1661	3	22	Appennino romagnolo (FC)	6.1	10	9
1672	4	14	Colline riminesi	5.6	8	8
1688	4	11	Romagna (pianura RA)	5.8	9	8-9
1695	2	25	Asolano	6.5	6-7	10
1725	10	29	Appennino romagnolo (RA)	5.4	8	8
1768	10	19	Appennino romagnolo (FC)	5.9	9	9
1781	4	4	Margine appenninico faentino	5.9	9-10	9-10
1781	7	17	Pianura romagnola (FC-RA)	5.6	8	8
1786	12	25	Colline riminesi	5.6	8	8
1796	10	22	Pianura bolognese orientale	5.6	7	7
1831	9	11	Pianura reggiana	5.5	7-8	7-8
1832	3	13	Pianura reggiana	5.5	7-8	7-8
1834	2	14	Alta Lunigiana	5.8	8	9
1870	10	30	Margine appenninico romagnolo (FC)	5.6	8	8
1875	3	17	Alto Adriatico (Rimini-Cesenatico)	5.9	8	-
1909	1	13	Pianura bolognese orientale	5.5	6-7	6-7
1916	5	17	Alto Adriatico (riminese)	6.0	8	-
1916	8	16	Alto Adriatico (riminese)	6.1	8	-
1918	11	10	Appennino romagnolo (FC)	5.9	9	9
1919	6	29	Mugello	6.3	9	10
1920	9	7	Garfagnana	6.5	9	10
1971	7	15	Margine appenninico parmense	5.6	8	8
2012	5	20	Finale E.-Mirandola (MO)	6.1 ( $M_L=5.9$ )	7-8	7-8
2012	5	29	Medolla (MO)	6.0 ( $M_L=5.8$ )		

Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Dipartimento della Protezione Civile, Regione Emilia-Romagna

Note:

\* Zona epicentrale = area situata nell'intorno dell'epicentro (punto della superficie terrestre situato sulla verticale dell'ipocentro, che è, invece, il punto della crosta terrestre in cui si è verificata la rottura che ha generato le onde sismiche)

\*\* Intensità epicentrale = stima degli effetti del terremoto osservata in corrispondenza dell'epicentro

## Commento

Come si vede dalla figura 9B.4 e dalla tabella 9B.4, in ampi settori della regione si sono verificati terremoti  $M_w \geq 5,5$  che hanno causato effetti di intensità  $I_{MCS} \geq$  VIII grado (MCS = scala Mercalli-Cancagni-Sieberg).

La Romagna è il settore della regione in cui più di frequente si sono verificati forti terremoti. Effetti  $I_{MCS} =$  VIII lungo la costa romagnola sono stati osservati anche a seguito di terremoti avvenuti in mare, poco distanti da Rimini e Cesenatico.

Anche il crinale appenninico tosco-emiliano tra le province di Parma e Modena, il margine appenninico tra Parma e Bologna e la pianura tra Reggio Emilia, Ferrara e Ravenna (zona delle Pieghe Ferraresi) sono stati più volte interessati da eventi di magnitudo  $M_w \geq 5,5$ , che hanno provocato effetti  $I_{MCS} \geq$  VIII.

Rispetto alla realtà nazionale, la sismicità di queste aree può essere considerata di medio grado.

L'Appennino emiliano occidentale, il medio e

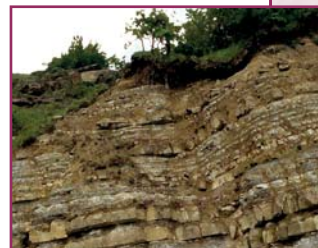


basso Appennino emiliano e la pianura emiliana occidentale sono caratterizzati da una sismicità frequente, ma generalmente di grado inferiore, con terremoti di solito con  $I_{MCS} \leq VII$  e  $M_w < 5,5$ .

Le zone a minore sismicità sono il settore nord-occidentale e il delta del Po; le notizie storiche (Rovida et al., 2011) indicano che queste aree sono state interessate da terremoti che hanno provocato effetti  $I_{MCS} = VI-VII$ .

L'Emilia-Romagna ha purtroppo risentito anche di forti terremoti di aree sismogenetiche extra-regionali, capaci di generare terremoti  $M_w > 6$  (cfr tabella 9B.4), come il margine sud-alpino, la Garfagnana e il Mugello (Rovida et al., 2011; Mantovani et al., 2013).

La maggior parte dei terremoti emiliano-romagnoli sembra generarsi mediamente a una profondità compresa tra 10 e 35 km (Boccaletti et al., 2004; Castello et al., 2006; Mantovani et al., 2013). I terremoti a profondità maggiore di 35 km sono rari e, in genere, causa di effetti minori in superficie, probabilmente proprio per l'elevata profondità. I terremoti a profondità minore di 10 km, sebbene poco frequenti e generalmente di magnitudo non elevata, possono causare localmente effetti dannosi, come nel caso del terremoto dell'Appennino forlivese del 26 gennaio 2003, proprio per la scarsa profondità.



# Fagliazione

## Descrizione

La faglia è una frattura (planare o non planare) della roccia che mostra evidenze di movimento relativo fra le due masse rocciose da essa divise. L'indicatore fornisce un quadro su distribuzione geografica e caratteristiche di quelle faglie, che mostrano evidenze di movimenti recenti e che perciò richiedono particolare attenzione, in quanto potenzialmente attive e in grado di generare terremoti e/o produrre spostamenti significativi anche in superficie. La loro riattivazione, generalmente associata a terremoti di forte magnitudo, può produrre conseguenze gravi sugli insedia-

menti sia per effetto dello scuotimento sismico, sia per lo spostamento differenziale del terreno.

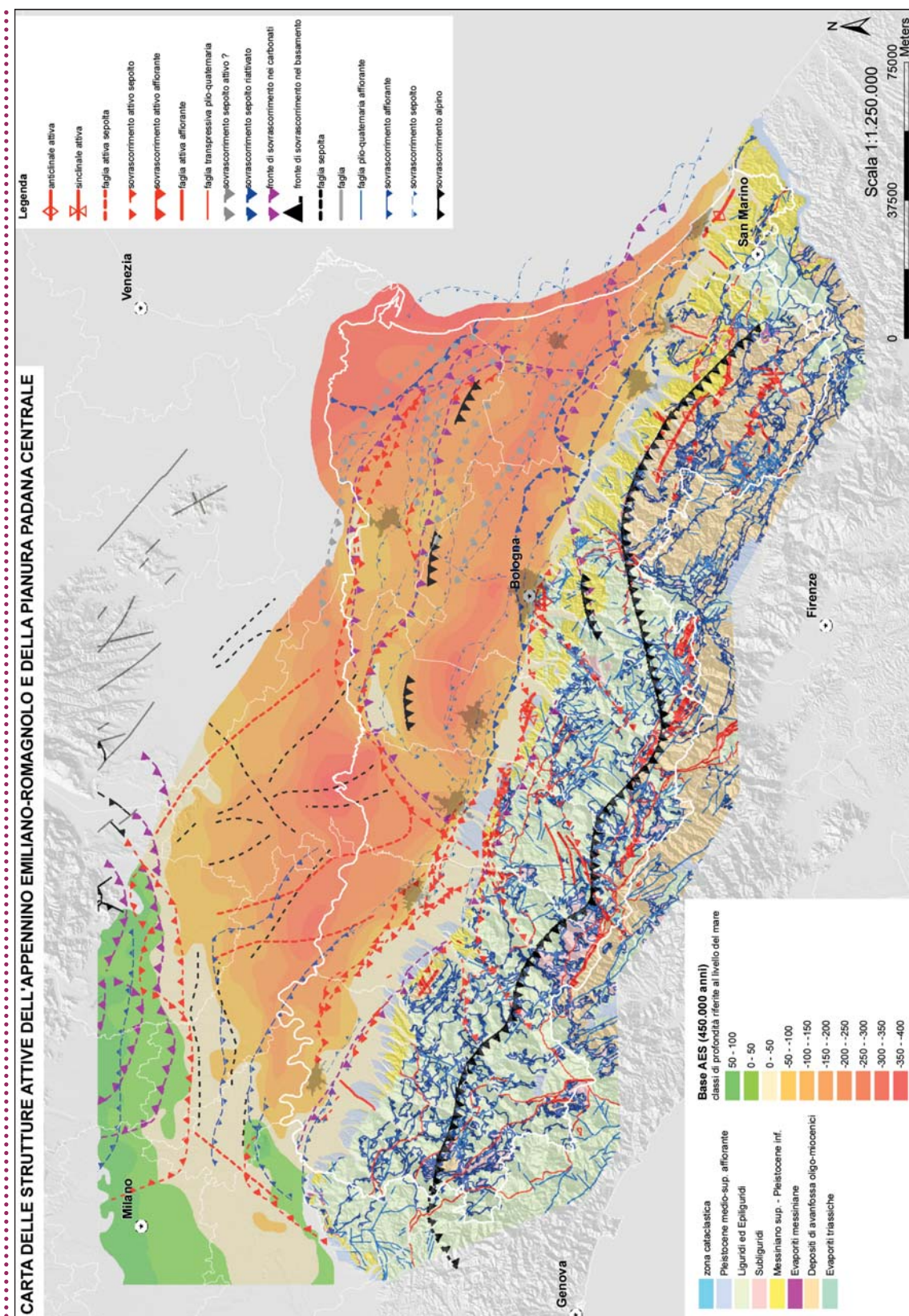
## Scopo

L'indicatore ha lo scopo di fornire lo stato delle conoscenze sulla distribuzione delle faglie attive nel territorio e le loro caratteristiche, offrendo pertanto elementi conoscitivi essenziali per la definizione della pericolosità sismica (in termini di individuazione delle aree sismogenetiche, determinazione dei meccanismi che generano i terremoti, energia dei terremoti attesi).

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Fagliazione	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Adimensionale	<b>FONTE</b>	Boccaletti et al., 2004 con aggiornamenti 2011
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Regione e aree limitrofe	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>		<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Analisi di dati geofisici (soprattutto profili sismici profondi, gravimetrici), sismologici (monitoraggi, sismicità storica), stratigrafici e strutturali (rilievi morfo-strutturali, rapporti stratigrafici e geometrie dei depositi recenti: età < 1 Ma, in particolare < 100 ka e soprattutto < 10 ka), deformazioni crostali (da stress in situ, da GPS), dati di pozzi profondi		





Fonte: Boccaletti et al. (2004); DISS Working Group (2010); Martelli (2011)

**Figura 9B.5: Principali strutture attive riconosciute (faglie), potenzialmente sismogenetiche, in Emilia-Romagna e aree limitrofe**

## Commento

L'Appennino è una catena giovane, ancora in formazione, perciò in quasi tutte le aree della penisola la sismicità ha origine da sorgenti sismogenetiche (faglie) locali. In particolare, faglie attive potenzialmente sismogenetiche in Emilia-Romagna sono localizzate nel basamento del medio e alto Appennino (Boccaletti et al., 2004), lungo il margine appenninico-padano (*Pedeapenninic Thrust Front*, PTF, di Boccaletti et al., 1985) e in corrispondenza degli archi formati dalle strutture sepolte della pianura padana note come Pieghe Emiliane, Pieghe Ferraresi e Pieghe Adriatiche (Pieri & Groppi, 1981; DISS Working Group, 2010) (figura 9B.5).



### BOX 3 - La pericolosità sismica

La Pericolosità Sismica (PS) di un'area indica la probabilità che in tale area si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco di nostro interesse in un certo intervallo di tempo.

La PS dipende da due componenti: Pericolosità sismica di base (Pb) e Pericolosità sismica locale (Pl).

1) *Pericolosità sismica di base (Pb)*: è la sismicità dell'area; dipende dalla frequenza ed energia dei terremoti che possono verificarsi e dalla distanza dalle sorgenti sismogenetiche, quindi dalle caratteristiche sismotettoniche (cioè dalle condizioni e dalle dinamiche della crosta terrestre e del mantello superiore).

2) *Pericolosità sismica locale (Pl)*: dipende dalle condizioni geologiche e morfologiche locali che possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie, aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione), e contribuire a fenomeni di modificazione permanente del territorio, quali: frane, liquefazione, densificazione, fagliazione; le modificazioni del moto sismico dovute alle condizioni geologiche e morfologiche sono denominate "effetti locali".

L'amplificazione del moto sismico dovuta alle caratteristiche litostratigrafiche, legate cioè alla geometria, estensione, natura e caratteristiche delle rocce del sottosuolo, è detta "amplificazione stratigrafica".

Anche alcune forme del paesaggio come le creste, i picchi, le dorsali allungate o le scarpate ripide possono determinare particolari interazioni delle onde con la superficie (ad esempio focalizzazione) e causare ulteriori modificazioni del moto sismico in superficie. L'amplificazione dovuta alle forme del paesaggio è generalmente nota come "amplificazione topografica".

L'analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) consiste nell'identificazione delle condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali e nella stima dell'amplificazione, dei fattori di instabilità dei terreni e degli eventuali cedimenti e spostamenti attesi<sup>1</sup>.

I terreni che possono determinare modificazioni del moto sismico sono quelli più superficiali, caratterizzati da una bassa velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (VS), indicativamente molto inferiore a 800 m/s, e spessore di almeno 3 metri. Si tratta in genere di detriti di versante poco o per nulla cementati, sedimenti alluvionali e costieri sciolti o poco addensati, generalmente molto recenti (< 250.000 anni), argille e limi poco consolidati.

L'amplificazione per cause topografiche si può verificare in caso di rilievi con versanti > 15° e dislivello > 30 m.

Le principali condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna sono indicate nell'Allegato A1 degli indirizzi regionali per microzonazione sismica (DAL 112/2007) e riportate nella tabella A.

Nota:

<sup>1</sup> Per le procedure di analisi della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica si veda gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (DAL 112/2007) e gli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008)

(segue) ➡

**Tabella A: Principali condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da Allegato A1 alla Delibera Assemblea legislativa n. 112/2007)****Caratteristiche geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna**Effetto atteso: **AMPLIFICAZIONE****Depositi (spessore  $\geq 5$  m):**

- a) detriti di versante (di frana, di falda, eluvio-colluviali, depositi morenici, depositi da geliflusso etc.)
- b) detriti di conoide alluvionale
- c) depositi alluvionali
- d) accumuli detritici pedemontani (falde di detrito e con di deiezione)
- e) depositi fluvio-lacustri
- f) riporti antropici
- g) rocce del substrato alterate e/o intensamente fratturate
- h) litotipi del substrato costituiti da argille poco o mediamente consistenti e da sabbie poco cementate (litotipi caratterizzati da  $V_s < 750\div 800$  m/s)

**Elementi morfologici (cfr. EC8):**

- creste, cocuzzoli, dorsali allungate e versanti con acclività  $> 15^\circ$  e altezza  $\geq 30$  m

Effetti attesi: **AMPLIFICAZIONE E CEDIMENTI**

- Depositi granulari fini sciolti, nei primi 20 m da p.c., con profondità media stagionale del tetto della falda acquifera  $< 15$  m da p.c. (**fattori predisponenti al rischio di liquefazione e densificazione**)
- **Depositi (spessore  $\geq 5$  m) con caratteristiche geo-meccaniche scadenti:** terreni granulari sciolti o poco addensati o terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori  $N_{SPT} < 15$  o  $c_u < 70$  kPa o  $V_{s30} < 180$  m/sec
- Zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (comportamenti differenziali)
- Cavità sepolte (possibili comportamenti differenziali)

Effetto atteso: **INSTABILITÀ DEI VERSANTI**

- Zone instabili: **zone direttamente interessate da fenomeni franosi attivi**
- **Zone potenzialmente instabili:** zone in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (pendii con acclività  $> 15^\circ$  costituiti da accumuli detritici incoerenti o da terreni prevalentemente argillosi o intensamente fratturati; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; zone prossime a frane attive; scarpate; aree detritiche prossime a orli di scarpata)

La pericolosità sismica di un'area può essere quantificata attraverso un'analisi di risposta sismica locale con vari parametri a seconda delle finalità:

1. fattore di amplificazione;
  2. accelerazione massima attesa (cfr. PGA, *Peak Ground Acceleration*), espressa in percentuale dell'accelerazione di gravità (g);
  3. spettro di risposta;
  4. set di accelerogrammi;
- e con eventuali indici di instabilità locale (coefficiente di stabilità di un pendio, potenziale di liquefazione, cedimenti etc.).

Il parametro 1 esprime di quanto il moto sismico è stato, o può essere, amplificato dalle condizioni locali ed è generalmente usato per la microzonazione sismica (suddivisione del territorio in base alla risposta sismica locale); i parametri 2-4 sono di solito richiesti per la progettazione delle costruzioni, o per la quantificazione dell'amplificazione attraverso analisi numeriche che richiedono l'uso di codici di calcolo, e per la stima degli indici di instabilità locale.

Il valore di PS dipende dal Tempo di Ritorno ( $T_R$ ) considerato (tempo medio di attesa tra il verificarsi di due eventi successivi).

$T_R$  può variare in funzione dell'importanza dell'intervento previsto o di particolari criticità locali. Generalmente  $T_R$  standard a livello internazionale è 475 anni, corrispondente a una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Per costruzioni di particolare importanza (opere strategiche, edifici di particolare interesse etc.) generalmente si considera un periodo di ritorno maggiore, ad esempio 950 anni, corrispondente a una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, o 2.475 anni, corrispondente a una probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni. Considerare un tempo di ritorno più lungo equivale a considerare come terremoto atteso un evento di maggiore energia.

(segue) ➡



(continua)

A seconda delle finalità, gli studi di pericolosità sismica locale possono essere effettuati a differenti scale e con diversi livelli di approfondimento.

Studi a scala cartografica, dall'area vasta (provinciale e comunale) al centro abitato, sono finalizzati all'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali per la zonazione dettagliata del territorio sulla base della risposta sismica del terreno (microzonazione sismica). Tale zonazione permette di indirizzare gli interventi di pianificazione urbanistica nelle aree a minore pericolosità sismica, oppure la programmazione di interventi di mitigazione del rischio nelle aree già edificate in cui siano riconosciuti elementi di pericolosità locale.

### Esempio di carta di microzonazione sismica

SA<sub>zona</sub> / SA<sub>pericolosità</sub>

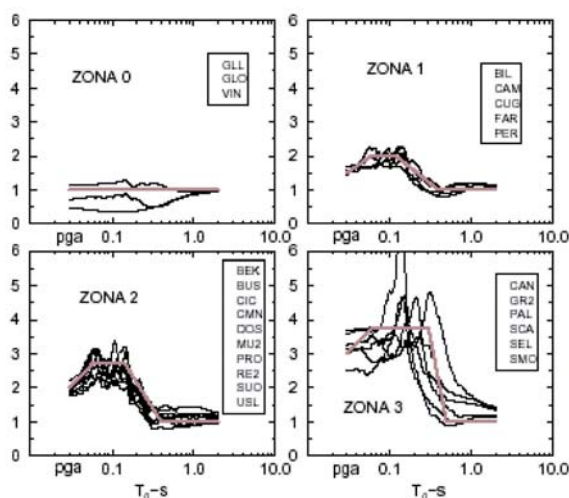


Figura 2: Rapporto fra gli spettri di risposta valutati nei vari siti stazione e quello della pericolosità sismica associato a un generico sito posto sulla Formazione Marnosa Arenacea. In neretto le amplificazioni degli spettri di risposta proposte per le varie zone

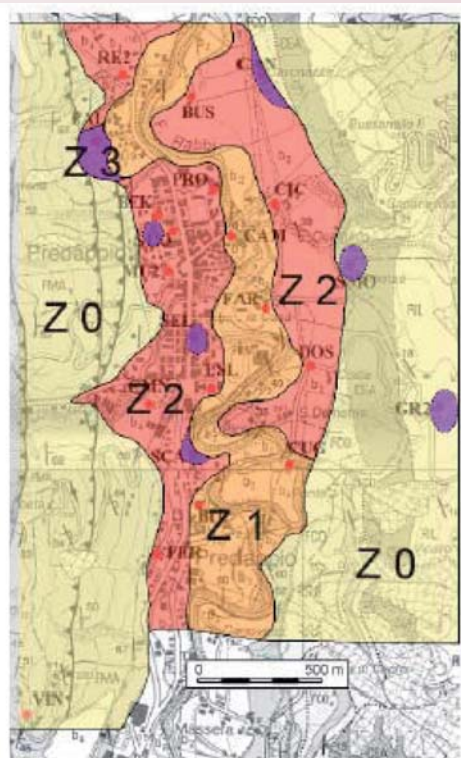


Figura 1: Microzonazione sismica di Predappio Bassa

Fonte: Tinto et al., 2002

### Figura B: Esempio di carta di microzonazione sismica

Nel caso di studi a scala di manufatto, l'analisi dettagliata della risposta sismica permette il calcolo dell'azione sismica per la progettazione e il corretto dimensionamento delle opere ai fini della riduzione del rischio sismico.

L'analisi della RSL può essere realizzata a vari livelli di approfondimento, in funzione della scala di studio, dell'importanza dell'intervento da realizzare, delle risorse economiche e dei tempi disponibili.

Esistono procedure speditive condivise che permettono di valutare la pericolosità sismica locale fino dalle prime fasi di governo del territorio (pianificazione territoriale provinciale, pianificazione strutturale comunale).

Analisi dettagliate del comportamento in condizioni sismiche dei terreni vengono realizzate in caso di particolari criticità locali (pendii instabili, terreni liquefacibili, argille poco consolidate, faglie attive etc.) e in caso di realizzazione di opere di particolare interesse (vedi allegato A alla DGR n.1661 del 2/11/2009 "Approvazione elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso").

(segue) ➡

(continua)

L'analisi della RSL, speditiva o di dettaglio, e il calcolo dell'azione sismica sono comunque richiesti per la realizzazione delle costruzioni (NTC, 2008).

Perciò, allo stato attuale delle conoscenze sismologiche, che ancora non permettono la previsione dei terremoti, e delle difficoltà di analisi della vulnerabilità a scala territoriale, la microzonazione sismica del territorio e il calcolo dell'azione sismica per una corretta progettazione e riqualificazione delle costruzioni sono gli strumenti di prevenzione più efficaci per la riduzione del rischio sismico.

Le procedure per la definizione della pericolosità sismica locale, utilizzate per gli strumenti di pianificazione, forniscono anche preziose informazioni per la pianificazione delle attività di protezione civile, la prevenzione e il superamento delle emergenze; in particolare, le conoscenze di pericolosità sismica locale possono essere utilizzate per una più accurata definizione di scenari di rischio, che tengano conto anche delle condizioni locali di pericolosità, e per l'eventuale messa in sicurezza di strutture ed edifici strategici.

#### BOX 4 - I terremoti emiliani di maggio-giugno 2012

I recenti forti terremoti della sequenza sismica di maggio-giugno 2012 (figura 1, tabella 1), che hanno causato effetti di intensità fino al grado VII-VIII della scala MCS, sono stati causati da movimenti tettonici lungo faglie appartenenti all'insieme di strutture noto come Pieghe Ferraresi (Pieri e Groppi, 1981; Boccaletti et al. 2004; DISS Working Group, 2010; Boccaletti et al., 2010; Mantovani et al., 2013).

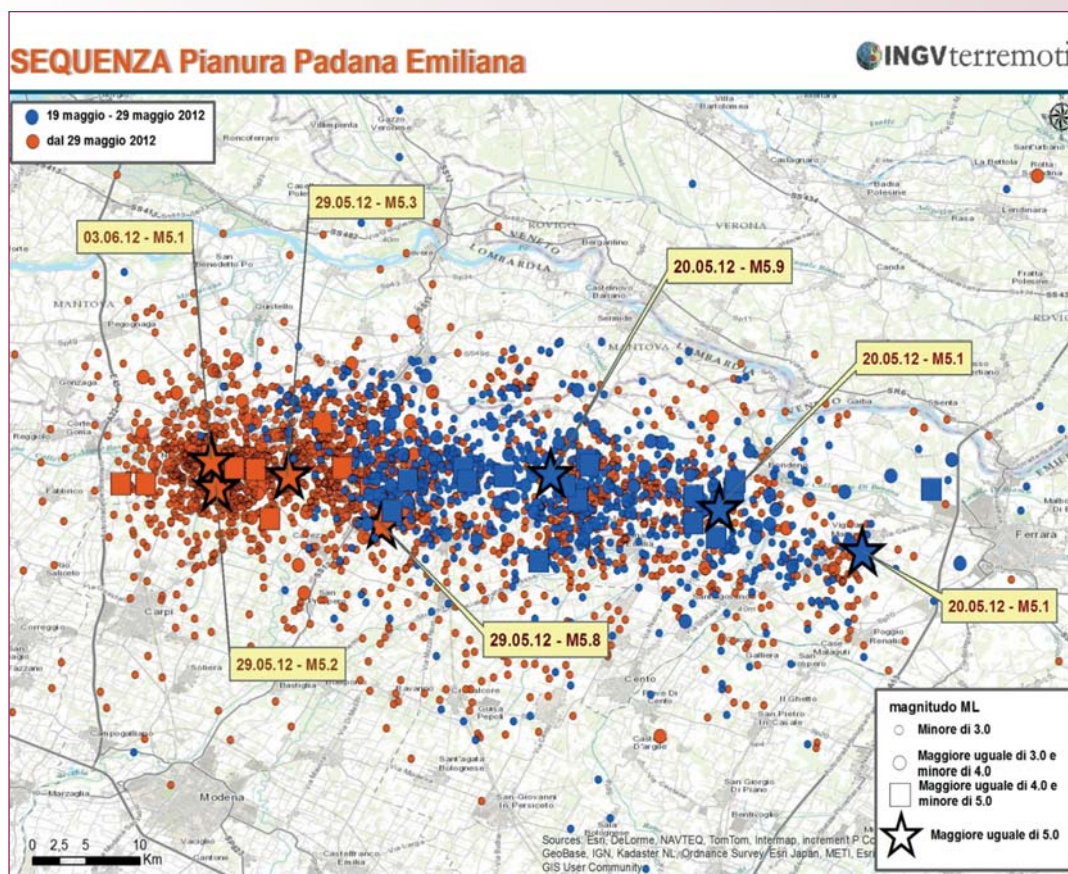


Figura 1: Localizzazione degli epicentri della sequenza sismica emiliana iniziata il 19 maggio 2012 (da <http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html>)

(segue) ➡

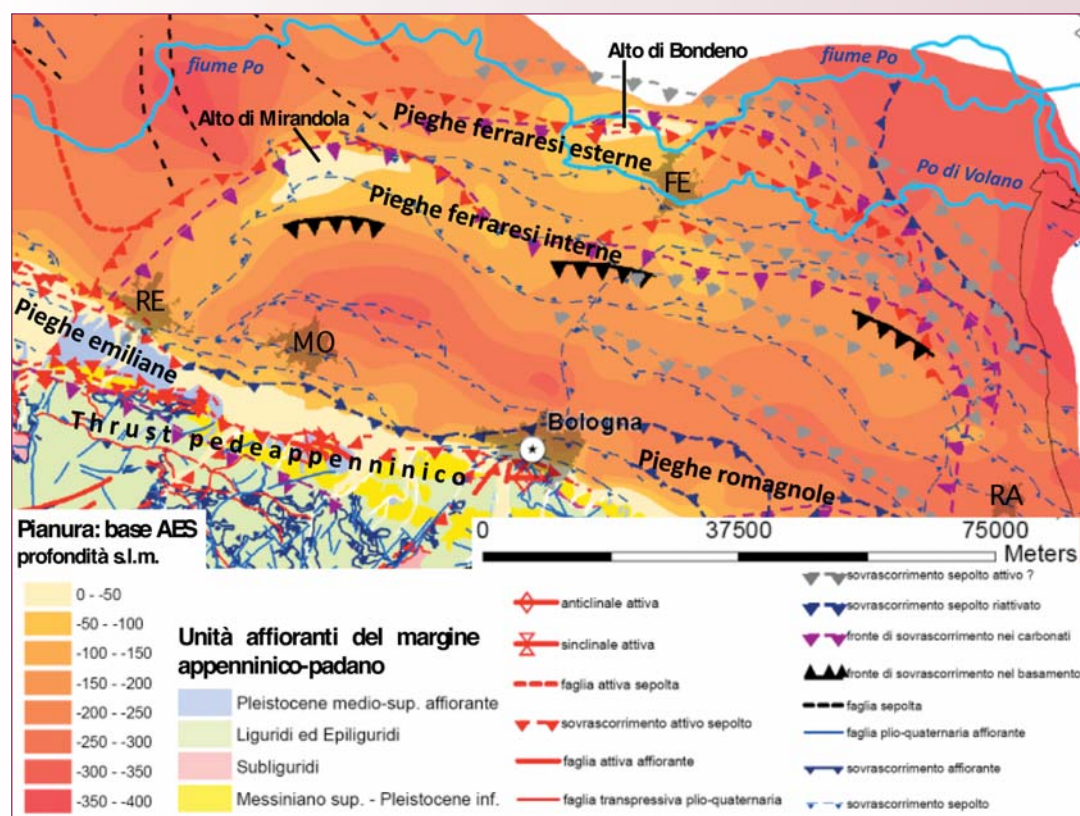


**Tabella 1: Scosse principali, magnitudo locale  $M_L > 5$ , della sequenza sismica emiliana 2012 (dati da <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>)**

Data	Ora locale	Lat.	Long.	$M_L$	Comune
20 maggio 2012	04:03:52	11,23°	44,89°	5,9	Finale Emilia (MO)
20 maggio 2012	04 :07:31	11,37°	44,86°	5,1	Bondeno (FE)
20 maggio 2012	15:18:02	11,49°	44,83°	5,1	Vigarano Mainarda (FE)
29 maggio 2012	09:00:03	11,09°	44,85°	5,8	Medolla (MO)
29 maggio 2012	12:55:57	11,01°	44,89°	5,3	S. Possidonio (MO)
29 maggio 2012	13:00:25	10,95°	44,88°	5,2	Novi di Modena (MO)
3 giugno 2012	21:20:43	10,94°	44,90°	5,1	Novi di Modena (MO)

Le Pieghe Ferraresi sono una serie di dorsali non visibili dalla superficie, perché sepolte dai sedimenti recenti del Po e dei suoi affluenti appenninici, che nell'insieme descrivono in pianta un arco che si estende da Reggio Emilia a Ravenna passando sotto la città di Ferrara (figura 2), da cui il nome.

In particolare le indagini esplorative per la ricerca di idrocarburi hanno permesso di riconoscere una dorsale meridionale, che culmina tra Novi di Modena, Mirandola e Medolla, nota come alto di Mirandola o Pieghe Ferraresi interne, e una più settentrionale, che culmina tra Bondeno, Occhiobello (RO) e Ferrara, indicata in letteratura con varie denominazioni tra le quali ricordiamo: alto di Bondeno, alto di Casaglia o Pieghe Ferraresi esterne.



**Figura 2: Schema tettonico dell'area interessata dalla sequenza sismica di maggio-giugno 2012 (da Martelli, 2011)**

Queste dorsali sono state originate dall'orogenesi appenninica, tuttora in corso come testimoniato dall'attività sismica, dovuta alle spinte della placca africana contro la placca euro-asiatica; si sono così formati corrugamenti e accavallamenti di estese porzioni del sottosuolo padano lungo faglie con piani per lo più immergenti verso sud (figura 3).

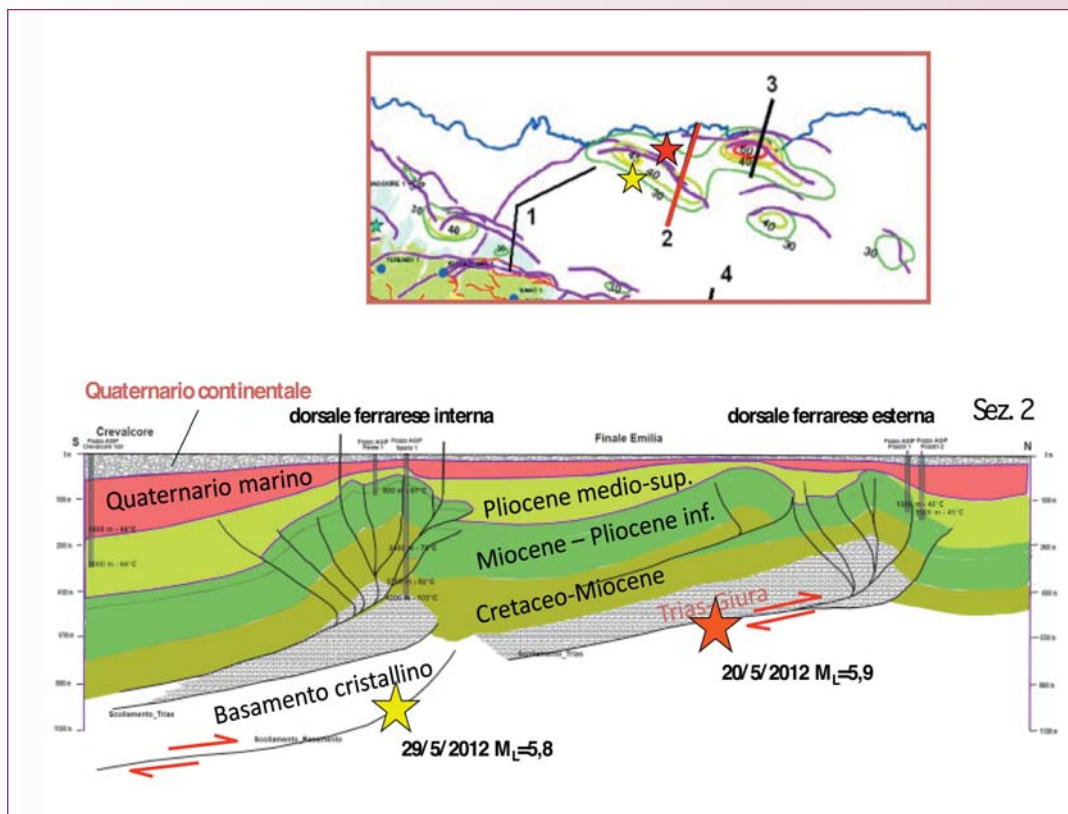
(segue) ➡

(continua)

I terremoti di maggio-giugno 2012 si inquadrano perfettamente nel quadro sismo-tettonico della Pianura Padana centrale.

Questo settore di pianura era già stato sede di altri forti terremoti (Ferrara 1570; Argenta 1624, Emilia orientale 1796) che hanno prodotto effetti di pari intensità ( $I_{MCS} \geq VII-VIII$ ) (cfr DBMI11 e CPTI11).

Anche gli spettacolari effetti ambientali osservati, rotture del terreno con risalita di sabbie per liquefazione degli strati sabbiosi presenti nei primi 15 m di sottosuolo, erano già stati descritti in queste aree in occasione dei terremoti di Ferrara del 1570 e di Argenta del 1624 (Guidoboni, 2006).



**Figura 3: Sezione geologica da Crevalcore (BO) al Po, con proiezione degli ipocentri delle scosse principali della sequenza sismica di maggio-giugno 2012**

Per saperne di più sui terremoti emiliani 2012 si rimanda a:

<http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html>

*Terremoto 2012. Geologia, rilievi di agibilità, analisi dei danni.* A cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/notizie/notizie-2013/terremoto-2012-geologia-rilievi-agibilita-analisi-dei-danni>

*Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012* (Ordinanza del Commissario delegato – Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012). A cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli e del Servizio Pianificazione Urbanistica, Paesaggio e uso sostenibile del territorio della Regione Emilia-Romagna

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/speciale-terremoto/sisma-2012-ordinanza-70-13-11-2012-cartografia>

*Terremoti emiliani 2012, tra certezze storiche e indagini scientifiche.* A cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

(segue) ➡



(continua)

- <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/notizie/notizie-2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagini-scientifiche>  
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagini-scientifiche>
- Arcoraci L., M. Berardi, F. Bernardini, B. Brizuela, C.H. Caracciolo, C. Castellano, V. Castelli, A. Cavaliere, S. Del Mese, E. Ercolani, L. Graziani, A. Maramai, A. Massucci, Rossi A., M. Sbarra, A. Tertulliani, M. Vecchi e S. Vecchi (2012): *Rapporto macrosismico sui terremoti del 20 (ml 5.9) e del 29 maggio 2012 (ml 5.8 e 5.3) nella pianura padano-emiliana*. INGV-Roma, INGV-Bologna  
[http://terremoti.ingv.it/images/pdf/QUEST\\_Emiliana2012\\_RapportoFinale.pdf](http://terremoti.ingv.it/images/pdf/QUEST_Emiliana2012_RapportoFinale.pdf)
- EMERGEO working group (2012): *Emilia 2012*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Rapporto Preliminare 04/06/2012. <http://emergio.ingv.it/rapporti-di-attivita.html>
- Facciorusso J., Madiati C., Vannucchi G. (2012): *Risposta sismica locale e pericolosità di liquefazione a S. Carlo e Mirabello*. Rapporto 3 ottobre 2012.  
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/liquefazione-gruppo-di-lavoro>
- Fioravante V. e Giretti D. (2012): *Il caso di Sant'Agostino - San Carlo*.  
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/speciale-terremoto>
- Galli P., Castenetto S., Peronace E. (2012): *Terremoti dell'Emilia - Maggio 2012. Rilievo macrosismico MCS speditivo. Rapporto finale*. 15 Giugno 2012.  
<http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/TerremotoEmiliaMCS.pdf>



# Pericolosità sismica di base

## Descrizione

La Pericolosità sismica di base (Pb) descrive il moto sismico atteso, come se il territorio fosse costituito da terreno roccioso e pianeggiante, per un determinato periodo di ritorno  $T_R$  (tempo medio di attesa tra due eventi successivi). A seconda delle finalità, la Pb può essere quantificata dall'accelerazione massima in quel punto, dallo spettro di risposta o da una set di accelerogrammi riferiti al suolo di riferimento.

Convenzionalmente il terreno di riferimento è un suolo rigido, caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ )  $\geq 800$  m/s, e pianeggiante.

Pb dipende dalla frequenza, tipo ed energia dei terremoti dell'area, cioè dalle caratteristiche sismotettoniche (pressioni e temperatura della litosfera; profondità, dimensioni e tipo delle faglie attive) e dalla distanza dalle sorgenti sismogenetiche.

L'attuale stima della pericolosità sismica in Italia è stata effettuata tramite elaborazioni probabilistiche, cioè esprimendo la pericolosità sismica come probabilità che in un dato intervallo di tempo si verifichi un evento con assegnate caratteristiche. Tale approccio si basa sull'utilizzo del metodo probabilistico di Cornell (1968).

Il riferimento nazionale per la determinazione probabilistica della pericolosità sismica di base a fini di progettazione (NTC 2008) è la mappa di pericolosità sismica redatta da INGV, aggiornata al

2004 e pubblicata con l'OPCM 3519/2006 (figura 9B.7) e i relativi studi allegati (disponibili nel sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

Per realizzare questa mappa il territorio nazionale è stato suddiviso secondo una maglia regolare di punti equidistanti tra loro  $0,05^\circ$  e per ogni punto è stata calcolata, in maniera probabilistica, sulla base delle conoscenze sismotettoniche e storiche allora disponibili, l'accelerazione di picco riferita a suolo rigido orizzontale ( $a_g$ ) per diversi  $T_R$ . Questa maglia di punti permette di stimare, in tutto il territorio nazionale, il valore di  $a_g$  interpolando i valori dei punti all'intorno dell'area d'interesse. Nel sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> sono disponibili le banche dati, per ogni punto della griglia e per vari  $T_R$ , dei valori di  $a_g$ , di magnitudo attesa in funzione della distanza dalle principali sorgenti sismogenetiche e degli spettri di riferimento.

## Scopo

Quantifica la sismicità dell'area, in termini probabilistici, da considerare in fase di progettazione per un'efficace riduzione del rischio sismico e costituisce anche riferimento per l'aggiornamento della classificazione sismica.

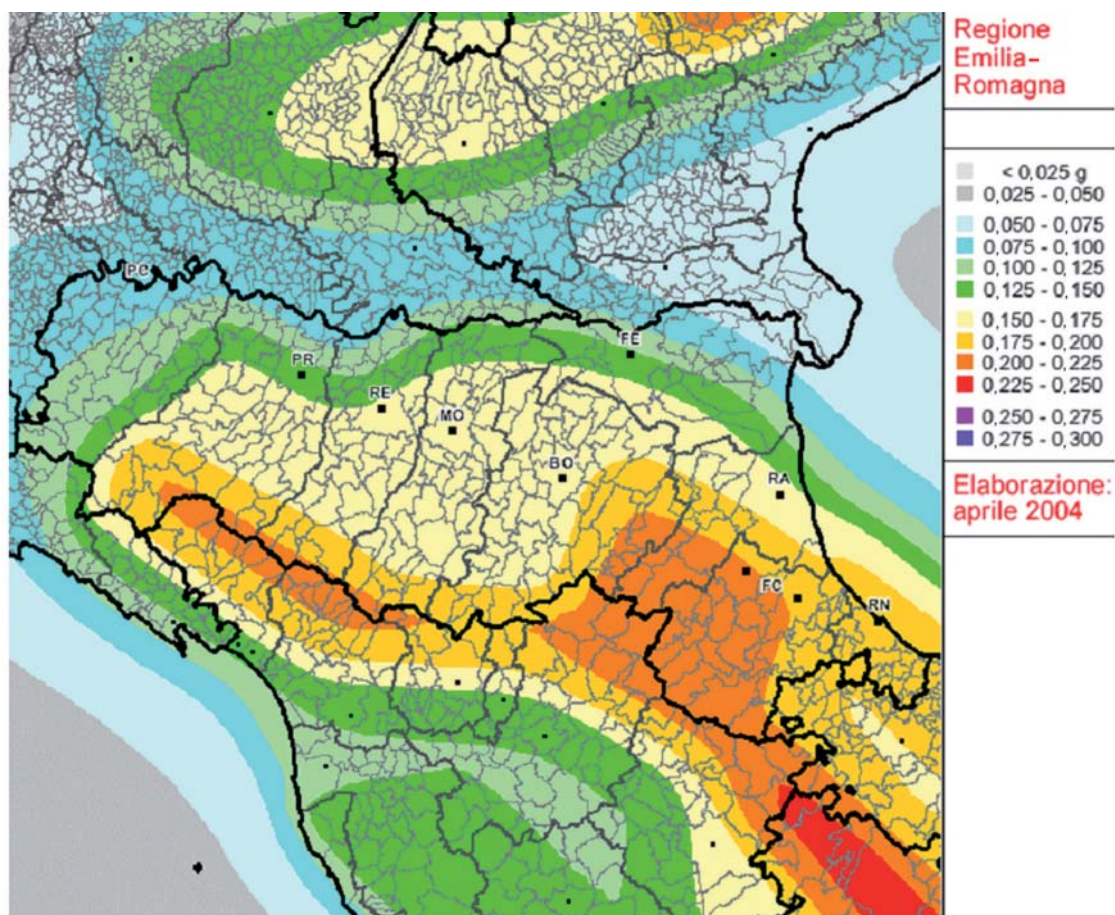
In particolare, quantifica il moto sismico di input da considerare nelle analisi della risposta sismica locale.



## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Pericolosità sismica di base (Pb)	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Accelerazione di gravità (g)	<b>FONTE</b>	Ingv
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Regione	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2004
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	In occasione di studi di pericolosità sismica regionale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	DM 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"; LR 20/2000; DAL 112/2007 "Indirizzi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna ..."; "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e Province autonome - Dipartimento della Protezione civile; LR 19/2008; LR 6/2009		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Analisi probabilistiche, talora deterministiche		

## Grafici e tabelle



Fonte: Ingv ([http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa\\_opcm3519.pdf](http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa_opcm3519.pdf))

**Figura 9B.6: Mappa della pericolosità sismica dell'Emilia-Romagna e delle aree limitrofe in termini di accelerazione massima del suolo di riferimento ( $a_g$ ) (classi con intervalli di 0,025), per  $T_R = 475$  anni e smorzamento = 5% (OPCM 3519/2006)**

Nota: g = accelerazione di gravità

## Commento

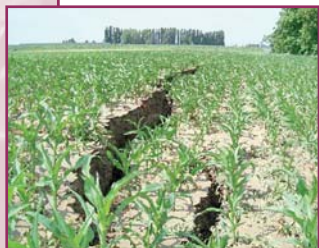
Dalla mappa di figura 9B.6 si evidenzia che le zone a maggiore pericolosità sismica ( $a_{rif} > 0,2$  g) dell'Emilia-Romagna sono l'Appennino tosco-romagnolo e il crinale tosco-emiliano e che la pericolosità decresce in maniera circa costante verso nord e verso ovest, con un'ampia area a sismicità intermedia ( $a_{rif} = 0,125-0,175$  g) in corrispondenza di gran parte dell'Appennino emiliano e della pianura.

L'attuale stima della pericolosità sismica in Italia è stata effettuata tramite elaborazioni probabilistiche, utilizzando il metodo Cornell (1968).

Per utilizzare tale metodo sono necessarie assunzioni (attività sismica stazionaria nel tempo, zone sismogenetiche al cui interno la sismicità è ritenuta uniforme, zone sismogenetiche indipendenti tra loro, necessità di riportare in forma strumentale informazioni che nella maggior parte dei casi derivano da osservazioni storiche etc.) non sempre verificate in Italia, che possono portare, in alcune zone, a un'errata stima della pericolosità sismica.

Confrontando la distribuzione dei terremoti (figura 9B.4) e la tabella 9B.4 con la mappa di pericolosità sismica (figura 9B.6) è evidente che quest'ultima non descrive in maniera adeguata la pericolosità sismica di base dell'Emilia-Romagna, in particolare nella zona di pianura e lungo il margine appenninico-padano nella zona emiliana. Ad esempio alle zone di Parma e Ferrara, più volte interessate da terremoti dannosi, è attribuita una pericolosità sismica bassa ( $a_g < 0,15$  g), ad esempio minore di quella attribuita alla pianura bolognese ( $a_{rif} = 0,150-0,175$  g), interessata poche volte da eventi sismici importanti.





## Pericolosità sismica locale

### Descrizione

Particolari condizioni geologiche e morfologiche locali possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione) e contribuire a fenomeni di modificazione permanente del territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione, che possono produrre spostamenti e cedimenti del terreno; le modificazioni del moto sismico e del territorio dovute alle condizioni geologiche e morfologiche sono denominate "effetti locali".

Le principali condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna sono indicate nell'Allegato A1 degli indirizzi regionali per microzonazione sismica (DAL 112/2007) e riportate nella tabella A.

L'analisi delle condizioni geo-morfologiche e l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento) non è sufficiente

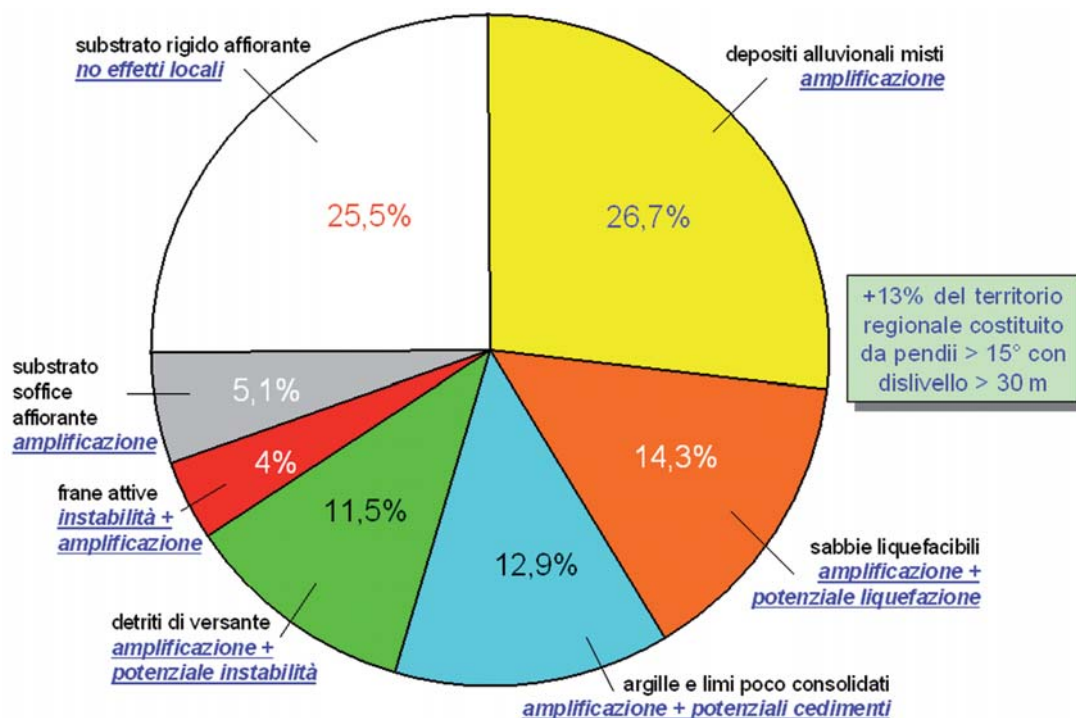
a definire l'effettiva pericolosità sismica di un'area. Ad esempio, la presenza di sabbie liquefacibili non è indice di sicuri effetti di liquefazione in caso di terremoto; il fenomeno della liquefazione richiede, oltre alla presenza di fattori predisponenti, anche il verificarsi di fattori scatenanti (sisma di  $M > 5$  o  $a_{max} > 0,1g$ ). Indagini in sito e di laboratorio e l'elaborazione dei dati tramite analisi specifiche permettono di quantificare la RSL (Risposta Sismica Locale) e definire una zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno locale, cioè il comportamento del terreno in caso di sisma (Microzonazione Sismica, MS; secondo e terzo livello di approfondimento).

### Scopo

Fornire sia conoscenze di base per l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali, sia indicazioni per la programmazione di indagini (scelta dei siti e della tipologia) da effettuare nei successivi approfondimenti.

### Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Pericolosità sismica locale (Pl)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Percentuale	FONTE	Carte geologiche, Carte di pericolosità geo-morfologica, Specifiche indagini
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione	COPERTURA TEMPORALE DATI	2013
AGGIORNAMENTO DATI	In occasione della redazione di strumenti di pianificazione territoriale o studi specifici	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	Suolo
RIFERIMENTI NORMATIVI	DM 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"; LR 20/2000; DAL 112/2007 "Indirizzi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna ..."; "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e Province autonome - Dipartimento della Protezione civile; (ICMS, Gruppo di lavoro MS, 2008); LR 19/2008; LR 6/2009		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Analisi di dati geologici, morfologici, geotecnici e geofisici per la determinazione delle aree suscettibili di effetti locali secondo gli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (DAL 112/2007) e ICMS 2008 (Gruppo di lavoro MS, 2008)		



Fonte: Regione Emilia-Romagna

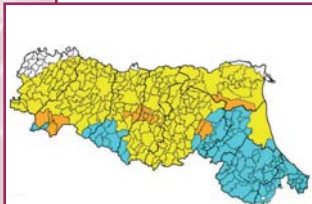
**Figura 9B.7: Percentuali di territorio regionale suscettibile di effetti locali, con indicazione del tipo di effetti attesi (cfr. tabella A)**

### Commento

Circa 3/4 del territorio regionale sono costituiti da terreni suscettibili di effetti locali. Le aree potenzialmente non esposte a tali effetti sono quelle di affioramento del substrato roccioso rigido, che ricadono quasi esclusivamente nel medio e alto Appennino. Quindi la maggior parte delle aree urbane e urbanizzabili sono comprese in aree suscettibili di effetti locali. Risulta perciò evidente quanto gli studi di MS (Microzonazione Sismica) siano importanti per la prevenzione e riduzione del rischio sismico. A seguito dei terremoti di maggio-giugno 2012, per

promuovere una ricostruzione che tenga effettivamente conto della reale pericolosità locale in aree suscettibili di liquefazioni, la Regione ha pubblicato linee guida per indagini e progettazione di interventi di mitigazione del rischio liquefazione. Tali documenti ("Linee di indirizzo per interventi su edifici industriali monopiano colpiti dal terremoto della pianura padana emiliana del maggio 2012 non progettati con criteri antisismici: aspetti geotecnici", DD12418/2012 e DD 1105/2014) sono disponibili sul sito web della Regione (vedi sitografia pag. 846).





## Classificazione sismica

### Descrizione

La classificazione sismica vigente, pubblicata con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 il 20 marzo 2003 (OPCM 3274/2003) e recepita, in prima applicazione, dalla Regione Emilia-Romagna con DGR n. 1677 del 24 ottobre 2005 (figura 9B.9), classifica tutti i comuni del territorio nazionale in 4 zone a pericolosità sismica decrescente:

- zona 1: elevata sismicità;
- zona 2: media sismicità;

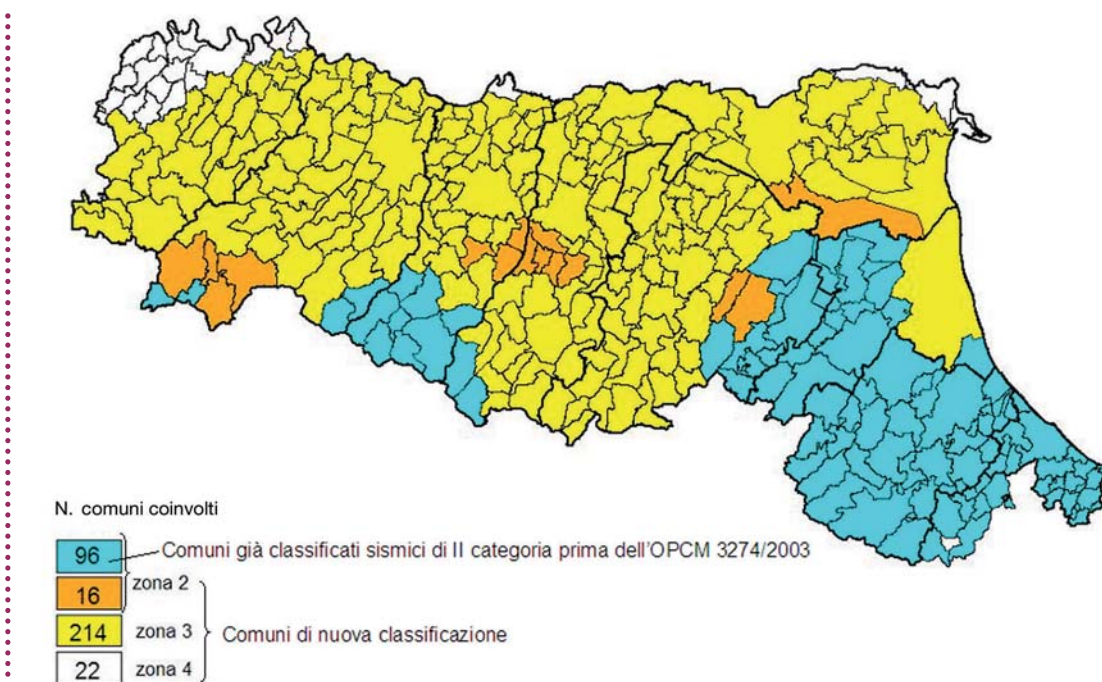
- zona 3: bassa sismicità;
- zona 4: minima sismicità.

### Scopo

Classificare i comuni in base alla pericolosità sismica e fornire un riferimento omogeneo a scala regionale e nazionale per l'applicazione delle norme, per l'individuazione di priorità in termini di politiche di prevenzione e riduzione del rischio sismico e per la ripartizione di contributi.

### Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Classificazione sismica	DPSIR	R
UNITÀ DI MISURA	Adimensionale	FONTE	OPCM 3274/2003, DGR 1677/2005
COPERTURA SPAZIALE DATI	Comune	COPERTURA TEMPORALE DATI	2003
AGGIORNAMENTO DATI		ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	OPCM 3519/2006		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Da studi di pericolosità sismica di base e sismicità storica		



Fonte: OPCM 3274/2003, DGR 1677/2005

**Figura 9B.8: La classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna**

## Commento

L'OPCM 3519/2006 indica la pericolosità sismica di base come criterio principale per l'aggiornamento della classificazione sismica.

Le varie classificazioni sismiche del territorio italiano sono sempre state basate più che altro sulle osservazioni della distribuzione dei danni e degli effetti descritti. La diffusione sul territorio italiano di centri abitati fino dai tempi antichi ha permesso la redazione di cataloghi storici dei terremoti, molto ricchi e dettagliati per ogni zona del Paese. Anche per questo le osservazioni storiche sono in ottimo accordo con le osservazioni strumentali. Queste ultime, però, hanno avuto diffusione a scala nazionale solo a partire dall'inizio degli anni 80 e ancora oggi le conoscenze sulle caratteristiche sismotettoniche, che potrebbero

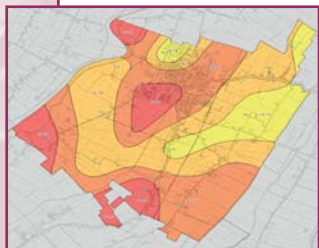
consentire una classificazione in maggiore accordo con la pericolosità sismica di base, non sono sufficientemente diffuse e omogenee su tutto il territorio nazionale.

Per questo, anche la classificazione sismica vigente, proposta nel 1998 dal CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, si basa sostanzialmente sulla sismicità storica, vale a dire sull'osservazione della distribuzione dei terremoti e dei loro effetti.

Le differenze tra la mappa di figura 9B.8 e la mappa di pericolosità sismica di figura 9B.6 (cfr. ad es. la zona del margine appenninico-padano modenese-reggiano e la zona tra Ravenna e Ferrara) sono dovute proprio a considerazioni degli effetti di terremoti storici.



RISPOSTE



## Microzonazione Sismica

### Descrizione

Particolari condizioni geologiche e morfologiche locali possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie, aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione), e contribuire a fenomeni di modificazione permanente del territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione; le modificazioni del moto sismico dovute alle condizioni geologiche e morfologiche e le modifiche permanenti del territorio a seguito di un terremoto sono denominate "effetti locali".

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS) individuano le aree suscettibili di effetti locali e stimano l'entità del comportamento di ogni area in caso di terremoto atteso.

La MS è in pratica la suddivisione dettagliata del territorio in aree a diversa pericolosità sismica con indicazione del valore di risposta sismica in termini di amplificazione del moto ed eventuale stima dei coefficienti di rischio in caso di particolare criticità (pendii instabili, terreni liquefacibili, argille poco consolidate, etc.).

### Scopo

Indirizzare gli interventi di pianificazione urbanistica nelle aree a minore pericolosità sismica o

programmare interventi di mitigazione del rischio nelle aree già edificate, in cui siano riconosciuti elementi di pericolosità locale.

Nel caso di studi a scala di manufatto, l'analisi dettagliata della RSL (Risposta Sismica Locale) permette anche il calcolo dell'azione sismica per la progettazione e il corretto dimensionamento delle opere per la prevenzione e riduzione del rischio sismico.

A seconda delle finalità, gli studi di MS possono essere effettuati a differenti scale e con diversi livelli di approfondimento.

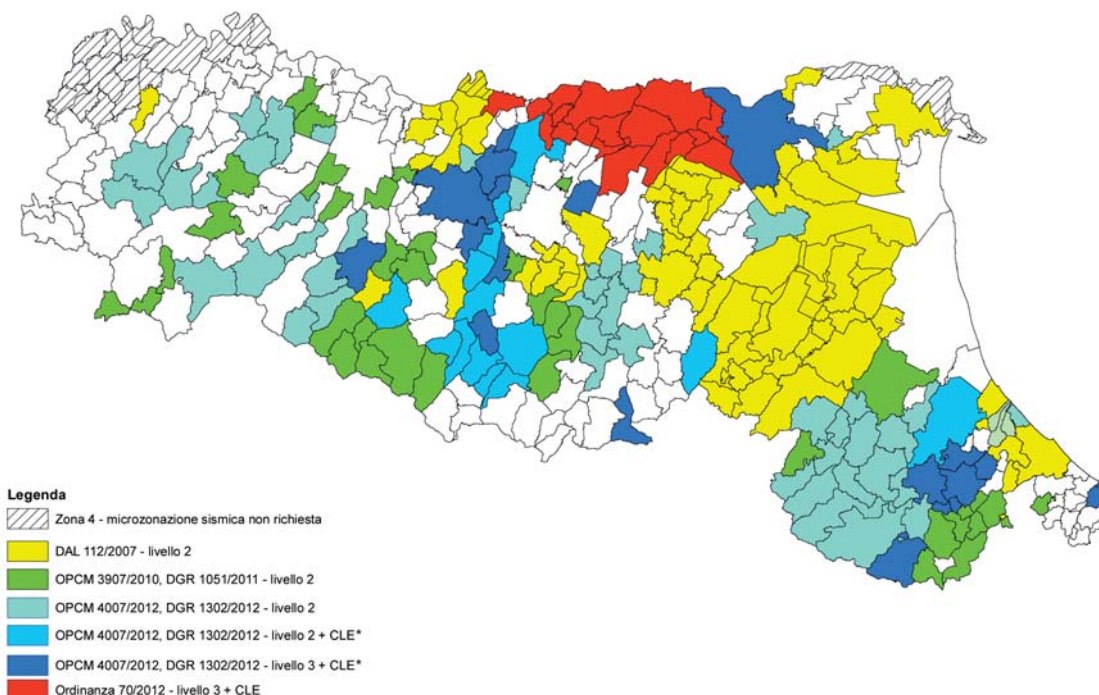
Studi a scala vasta (provinciale e comunale) sono finalizzati soprattutto all'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento). Studi a scala locale (centro abitato) permettono una vera e propria zonazione dettagliata del territorio sulla base della risposta sismica del terreno (MS; secondo e terzo livello di approfondimento).

Questi studi forniscono preziose informazioni anche per la pianificazione delle attività di protezione civile; in particolare, le conoscenze di pericolosità sismica locale possono essere utilizzate per una più accurata definizione di scenari di rischio, che tengano conto anche delle condizioni locali di pericolosità, e come base per le indagini finalizzate alla messa in sicurezza di strutture strategiche.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Microzonazione Sismica (MS)	<b>DPSIR</b>	R
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Adimensionale	<b>FONTE</b>	Studi di microzonazione sismica, PSC, POC
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Comune	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2013
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	In occasione della redazione di strumenti urbanistici, studi specifici, piani di ricostruzione post-sisma	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	DM 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"; LR 20/2000; DAL 112/2007 "Indirizzi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna ..."; "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e Province autonome – Dipartimento della Protezione civile; LR 19/2008; LR 6/2009		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Analisi di dati ed elaborazioni per la determinazione delle aree suscettibili di effetti locali e la stima dell'amplificazione e di eventuali indici di rischio		

## Grafici e tabelle



Fonte: Regione Emilia-Romagna

**Figura 9B.9: Quadro dei Comuni che hanno effettuato analisi delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento) e studi di MS (secondo e terzo livello di approfondimento)**

Nota: \* CLE = Condizione Limite per l'Emergenza (vedi pag. 843)



## Commento

Gli studi di MS possono essere realizzati a vari livelli di approfondimento, in funzione della scala di studio, dell'importanza dell'intervento da realizzare, delle risorse economiche e dei tempi disponibili.

Esistono procedure speditive condivise, che permettono di valutare la pericolosità sismica locale fino dalle prime fasi di governo del territorio (pianificazione territoriale provinciale, pianificazione strutturale comunale).

Analisi dettagliate del comportamento in condizioni sismiche dei terreni vengono realizzate in caso di particolari criticità locali (pendii instabili, sabbie liquefacibili, argille poco consolidate, faglie attive, etc.) e in caso di realizzazione di opere di particolare interesse (v. allegato A alla Delibera di Giunta regionale n.1661 del 2 novembre 2009 *"Approvazione elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso"*).

L'analisi della RSL (Risposta Sismica Locale), secondo procedure speditive o di dettaglio a seconda della pericolosità del sito o dell'importanza dell'opera, è comunque richiesta per la progettazione delle costruzioni (NTC, 2008).

Allo stato attuale delle conoscenze sismologiche, che ancora non permettono la previsione dei terremoti, e delle difficoltà di analisi della vulnerabilità a scala territoriale, la MS e la stima della RSL per la progettazione sono gli strumenti più efficaci di prevenzione e riduzione del rischio sismico. Le figure 9B.9 e 9B.10 forniscono il quadro delle analisi degli effetti locali e di microzonazione sismica finora realizzati in Emilia-Romagna. A questi vanno aggiunti studi di terzo livello di approfondimento

realizzati in siti caratterizzati da particolari criticità, quali pendii a rischio di frana e aree con terreni potenzialmente suscettibili di cedimenti per liquefazione (v. *Microzonazione sismica. Uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna*. A cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/eventi/eventi-2012/microzonazione-sismica-uno-strumento-consolidato-per-la-riduzione-del-rischio>).

Da questo quadro emerge una buona conoscenza su tutto il territorio regionale almeno delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento), considerato anche che tutte le Amministrazioni Provinciali hanno realizzato analisi di primo livello finalizzate alla definizione dei potenziali effetti locali e delle aree in cui tali effetti possono verificarsi.

In particolare, per quanto riguarda la MS a scala comunale e sub-comunale (figura 9B.9) in generale tali studi sono stati finora effettuati soprattutto nelle aree a maggiore pericolosità sismica, dove ovviamente è più sentito il problema del rischio sismico. Occorre comunque ricordare che gli studi di MS sono richiesti nelle fasi di pianificazione urbanistica comunale e, quindi, la realizzazione di tali studi segue i tempi di adeguamento degli strumenti urbanistici secondo quanto previsto dalla LR 20/2000.

Le indagini e le analisi per la MS sono un utile riferimento anche per le analisi di risposta sismica locale richieste per la definizione dell'azione sismica e per la progettazione (v. NTC 2008). Talora alcune procedure di MS possono coincidere con le analisi di RSL per la progettazione. Una discussione sugli elementi distintivi e caratterizzanti la MS e la progettazione NTC 2008 è disponibile in Crespellani T. e Martelli L., 2008 (vedi Bibliografia pag. 846).



# Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)

## Descrizione

L'analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE) rappresenta l'individuazione delle funzioni necessarie al sistema di gestione dell'emergenza a seguito di un sisma, affinché l'insediamento urbano conservi l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche, la loro accessibilità e la loro connessione con il contesto territoriale. Le analisi della CLE unite agli studi di MS (Microzonazione Sismica) sono riferimenti fondamentali per l'efficienza dei piani urbanistici e di protezione civile e quindi per la riduzione del rischio sismico.

## Scopo

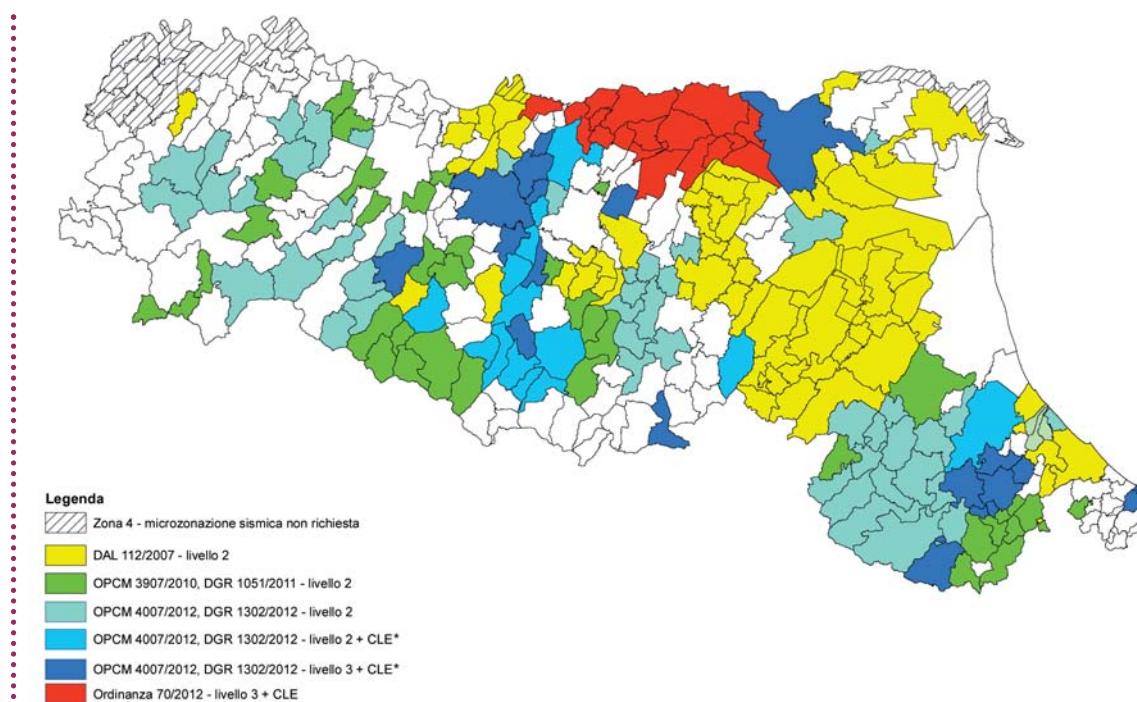
Analizzare le condizioni locali delle strutture strategiche al fine di consentire il superamento dell'emergenza e favorire la realizzazione di nuovi interventi in maniera da non interferire con il sistema di gestione dell'emergenza. Prevedere che gli interventi edilizi sui fabbricati esistenti e gli interventi di nuova costruzione non siano tali da rendere / realizzare fabbricati interferenti sulla viabilità di connessione o di accesso, sugli edifici strategici, sulle aree di emergenza.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	<i>Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)</i>	<b>DPSIR</b>	R
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	<i>Adimensionale</i>	<b>FONTE</b>	<i>Studi di CLE, Piani di Protezione civile</i>
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	<i>Comune</i>	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2013
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	<i>In occasione della redazione di strumenti urbanistici, studi specifici, piani di ricostruzione post-sisma</i>	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<i>OPCM 4007/2012, OCDPC 52/2013, LR n. 16/2012, Ordinanza Commissariale n. 60/2013</i>		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			



## Grafici e tabelle



Fonte: Regione Emilia-Romagna

**Figura 9B.10: Quadro dei Comuni che hanno effettuato Analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza (2013)**

## Commento

Gli studi di CLE sono realizzati secondo standard nazionali definiti con Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 1755 del 27 aprile 2012. Lo standard di rappresentazione e archiviazione informatica è stato implementato in questi ultimi due anni di applicazione e attualmente è in uso la versione 2.0 pubblicata nel sito della protezione civile.

L'analisi della CLE realizzata attraverso un team di operatori (pianificatori, lavori pubblici, settore edilizia e protezione civile) consente di avere una buona conoscenza del proprio sistema di emergenza finalizzato alla scelte che consento-

no di pianificare, in modo tale che il sistema atto alla gestione dell'emergenza sismica non sia soggetto a collasso a seguito di un evento e continui a mantenere l'operatività dei soccorsi.

In questi ultimi anni molte Amministrazioni Comunali hanno colto l'opportunità dell'analisi di studi di CLE, non soltanto perché vincolati dalle Ordinanze Statali, ma piuttosto come volano per una verifica del proprio piano di emergenza, per la redazione dei piani della ricostruzione e per un rinnovo degli strumenti di pianificazione urbanistica caratterizzati da una maggiore attenzione al rischio sismico.

# Riferimenti

## Autori

Luca MARTELLI <sup>(1)</sup>, Alberto BORGHESI<sup>(1)</sup>, Vania PASSARELLA<sup>(1)</sup>, Maria ROMANI <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI

<sup>(2)</sup> REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA, PAESAGGIO E USO SOSTENIBILE DEL TERRITORIO

## Bibliografia

1. Boccaletti M. et al., 1985. *Considerations on the seismotectonics on the Northern Apennines*, Tectonophysics, 117, 7-38
2. Boccaletti M. et al., 2004. *Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna, Servizio geologico, sismico e dei suoli - CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Firenze - SELCA, Firenze
3. Boccaletti M., Corti G., Martelli L., 2010. *Recent and active tectonics of the external zone of the Northern Apennines* (Italy). Int. J. Earth Sci. (Geologische Rundschau), doi: 10.1007/s00531-010-0545-y.
4. Castello B. et al., 2006. "CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1." INGV-CNT, Roma <http://csi.rm.ingv.it/>
5. Crespellani T., Martelli L., 2008. *Microzonazione sismica e Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 gennaio 2008)*. Ingegneria sismica, 2, 51-54
6. DISS Working Group (2010). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.1.1 <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
7. Galli P., S. Castenetto e E. Peronace (2012). *Terremoti dell'Emilia - Maggio 2012. Rilievo macrosismico MCS speditivo. Rapporto finale*. 15 Giugno 2012. <http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/TerremotoEmiliaMCS.pdf>
8. Gruppo di lavoro MPS, 2004. *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003*. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici
9. Gruppo di lavoro MS, 2008. *Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile. Roma, 3 vol. e 1 Cd-rom
10. Guidoboni E. (2006). *Libro di diversi terremoti, di Pirro Ligorio*. Codice 28, Ja II 15 dell'Archivio di Stato di Torino, Edizione critica, Introduzione e Apparato storico a cura di E. Guidoboni, *Edizione Nazionale delle Opere di Pirro Ligorio*, Roma, 2006, De Luca editore pp. 260
11. Locati M., R. Camassi e M. Stucchi: *DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>, DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11
12. Mantovani E., M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani, G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'Intinosante, P. Fabbri, L. Martelli, P. Baldi e M. Bacchetti (2013). *Assetto tettonico e potenzialità sismo genetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana*. Regione Emilia-Romagna-SGSS, Regione Toscana, Università di Siena-DSFTA, <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/eventi/eventi-2013/verso-una-nuova-mappa-della-pericolosita-sismica>
13. Martelli L. (2011). *Quadro sismotettonico dell'Appennino emiliano-romagnolo e della Pianura Padana centrale*. Atti del 30° convegno nazionale GNGTS, Trieste 14-17 novembre 2011, sessione 1.2, 152-156
14. Meletti C., Valensise G., 2004. *Zonazione sismogenetica ZS9*. App.2 al Rapporto Conclusivo. In: Gruppo di Lavoro MPS, 2004. "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003." Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 allegati
15. NTC, 2008. *Norme Tecniche per le Costruzioni*. Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n. 29 del 04/02/2008)
16. OPCM 3274/2003 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003).



- Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.* G.U.N. 155, 8/5/2003, suppl. ord. n. 72
17. OPCM 3907/2010 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3007 del 13 novembre 2010). *Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009, con modificazioni, dalla legge 24 giugno, n. 77, in materia di contributo per interventi di prevenzione del rischio sismico.* G.U.N. 281 del 1 dicembre 2010, suppl. ord. n. 262
  18. OPCM 4007/2012 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007 del 29 febbraio 2012), *Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009, con modificazioni, dalla legge 24 giugno, n. 77.* G.U.N. 56 del 7 marzo 2012
  19. OCDPC 52/2013 (Ordinanza Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52 del 20 febbraio 2013), *Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009, con modificazioni, dalla legge 24 giugno, n. 77.* G.U.N. 50 del 28 febbraio 2013
  20. Pieri M., Groppi G., 1981. *Subsurface geological structure of the Po Plain (Italy).* C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 414, pp. 23.
  21. Rovida A., R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (2011). *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani.* Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11
  22. Tenta A. et al., 2002. *Elementi di microzonazione sismica dell'area di Predappio Bassa.* Studio pilota allegato al Quadro Conoscitivo del PTCP Forlì-Cesena 2002. Disponibile anche nel CD allegato a: "Il Geologo dell'Emilia-Romagna", Boll. Uff. Ordine Geologi Emilia-Romagna anno IV/2004 n. 17, nuova serie

## Sitografia

[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio\\_sismico.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_sismico.wp)  
<http://terremoti.ingv.it/it/>  
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica>  
<http://www.regione.emilia-romagna.it/terremoto>  
<http://www.protezionecivile.emilia-romagna.it/>  
<http://territorio.regione.emilia-romagna.it/codice-territorio/sismica>  
<http://territorio.regione.emilia-romagna.it/urbanistica-ed-edilizia/temi/vulnerabilita-urbana>  
<http://www.sistemonet.it>  
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/notizie/notizie-2013/linee-di-indirizzo-per-interventi-su-edifici-industriali-monopiano-colpiti-dal-terremoto-emiliano-2012> <<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/notizie/notizie-2013/linee-di-indirizzo-per-interventi-su-edifici-industriali-monopiano-colpiti-dal-terremoto-emiliano-2012>>  
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/liquefazione-gruppo-di-lavoro>  
<<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/liquefazione-gruppo-di-lavoro>>